ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Побудова та тестування структурованих кабельних систем»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Телекомунікаційні системи та мережі
(назва)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Євгеній ЛЯШКЕВИЧ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача)*

Виконав: здобувач вищої освіти
студент гр. ТСДМ-62
Євгеній ЛЯШКЕВИЧ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: Сергій МАРКОВ
к.т.н., доцент *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Рецензент:
_____ _____
(науковий ступінь, вчене звання) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут Телекомунікацій

Кафедра ___Телекомунікаційних систем та мереж_____
Ступінь вищої освіти __магістр_____
Спеціальність ___172 Електронні комунікації та радіотехніка _____
Освітньо-професійна програма _____Телекомунікаційні системи та мережі _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою __ТСМ_____
_____ Віктор ЗАЇКА
«____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ляшкевичу Євгенію Руслановичу
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Побудова та тестування структурованих кабельних систем, керівник кваліфікаційної роботи Сергій МАРКОВ, к.т.н., доцент
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від « 30 » жовтня 2025 р. № 467.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «___» _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
1) рекомендації міжнародної спілки електрозв'язку стосовно структурованих кабельних мереж;
2) відомості про сучасний стан структурованих офісних мереж (матеріали періодичних науково-технічних видань;
3) дані про особливості проектування, будівництва та експлуатації (вимірювання, тестування, пошук несправності) структурованих офісних мереж.
4) матеріали по оформленню пояснювальної записки і креслень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
1) вступ;
2) походження СКС та розвиток відповідних стандартів;
2) технічні аспекти СКС (топологія, кабелі, принципи адміністрування);
3) компоненти СКС на основі мідного симетричного кабелю;
4) проектування та монтаж СКС для офісу;
5) тестування структурованої кабельної системи та захист інформації офісного інтернет вузла.

5. Перелік графічного матеріалу: ___презентація на 13 слайдах_____

6. Дата видачі завдання «_01_» _жовтня_ 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	05.10.2025	
2	Походження СКС та розвиток відповідних стандартів	10.10.2025	
3	Технічні аспекти СКС (топологія, кабелі, принципи адміністрування)	15.10.2025	
4	Компоненти СКС на основі мідного симетричного кабелю	30.10.2025	
5	Проектування та монтаж СКС для офісу	15.11.2025	
6	Тестування СКС та захист інформації офісного інтернет вузла	10.12.2025	
7	Оформлення роботи та презентації	25.12.2025	

Здобувач вищої освіти _____ Євгеній ЛЯШКЕВИЧ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник роботи _____ Сергій МАРКОВ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 65 стор., 11 рис., 3 табл., 16 джерел.

Мета роботи – дослідження структурованих кабельних систем, методів розрахунку та проектування таких систем; аналіз проблем експлуатації таких мереж: тестування та пошук несправності.

Об’єкт дослідження – структуровані кабельні системи, що призначені для організації зв’язку в великих офісних будівлях.

Предмет дослідження – методи тестування структурованих кабельних систем, як спосіб перевірки відповідності параметрів системи існуючим нормативам та пошуку несправності в системі.

Короткий зміст роботи: проведений аналіз побудови, проектування та тестування структурованих кабельних систем; розглянуто топології, технічні приміщення, принципи адміністрування СКС, особливості проектування, монтажу та тестування. В результаті дослідження показано, що використання сучасної вимірювальної техніки для тестування СКС дозволяє підтримувати стан системи в сталому робочому стані.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТРУКТУРОВАНА КАБЕЛЬНА СИСТЕМА, АДМІНІСТРУВАННЯ СКС, ПРИНЦИП CABLE SHARING ДЛЯ СКС, ТЕСТУВАННЯ СКС.

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work:
65 pages, 11 pictures, 3 table, 16 sources.

The purpose of the work is to study structured cabling systems, methods of calculation and design of such systems; analysis of problems of operation of such networks: testing and troubleshooting.

The object of the research is structured cabling systems, which are intended for communication in large office buildings.

The subject of the research is methods of testing structured cabling systems, as a way of checking the compliance of system parameters with existing standards and finding faults in the system.

Summary of the work: an analysis of the construction, design and testing of structured cabling systems was carried out; topologies, technical premises, principles of SCS administration, features of design, installation and testing were considered. As a result of the research, it was shown that the use of modern measuring equipment for SCS testing allows maintaining the system in a stable operating condition.

KEYWORDS: STRUCTURED CABLE SYSTEM, SCS ADMINISTRATION, CABLE SHARING PRINCIPLE FOR SCS, SCS TESTING.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій

ПОДАННЯ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістра

Направляється здобувач Ляшкевич Є.Р. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)
за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Телекомунікаційні системи та мережі
(назва)
на тему: « Побудова та тестування структурованих кабельних систем».

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____ Владислав КРАВЧЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач Ляшкевич Є.Р. під час написання роботи проявив себе як вдумливий та допитливий фахівець, показав гарну теоретичну підготовку. За короткий час їм було опрацьовано значну кількість літератури з проблем побудови, проектування та тестування структурованих кабельних систем та проведені необхідні розрахунки. Працюючи над завданнями, які доручалися керівником роботи, студент проявив ініціативу творчість і спроможність до інженерної праці.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача Ляшкевича Є.Р. на оцінку « відмінно » та присвоїти йому кваліфікацію магістр з електронних комунікацій та радіотехніки.

Керівник роботи _____ Сергій МАРКОВ
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

«____» _____ 20___ року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Ляшкевич Є.Р. допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедрою телекомунікаційних систем та мереж _____ Віктор ЗАЇКА
(назва) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА
на кваліфікаційну роботу
на здобуття освітнього рівня магістра

здобувача вищої освіти Ляшкевича Євгенія Руслановича _____
(прізвище, ім'я, по батькові)
на тему «Побудова та тестування структурованих кабельних систем»

Актуальність.

Наразі в Україні зростає попит на мережні послуги для великих офісних приміщень, а саме на послуги мережі Інтернет, відеозв'язку та таке інше. Для таких мереж доцільне створення спеціальної структурованої кабельної системи, яка має можливість гнучко пристосуватися до швидкої зміни потреби як в кількості зв'язку (кількість абонентів та швидкість передачі даних), так і в його якості, тому аналіз структурованих кабельних систем та їх тестування є актуальною сучасною задачею.

Позитивні сторони.

Зроблений огляд стандартів структурованих кабельних мереж; розглянуто види топології таких мереж, елементи структурованих кабельних мереж, методи їх розрахунку, проектування та тестування. Пояснювальна записка написана чітко і зрозуміло, графічна частина оформлена з використанням комп'ютера.

Недоліки.

1. Відсутнє порівняння ефективності структурованої кабельної мережі з звичайною офісною мережею.
2. Технологія віртуальної сегментації мережі описана дуже поверхнево.
3. Перелік позначень містить не всі позначення, що є в тексті роботи.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку магістерської кваліфікаційної роботи.

Висновок: *кваліфікаційна магістерська робота заслуговує оцінку "відмінно", а здобувач Ляшкевич Є.Р. заслуговує присвоєння кваліфікації:*
Магістр з електронний комунікацій та радіотехніки.

Рецензент: _____ _____
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*
_____
(науковий ступінь, вчене звання)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....10
ВСТУП.....11
1РОЗВИТОК СТРУКТУРОВАНИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ.....13
1.1 Походження та розвиток стандартів СКС У США.....13
1.2 Розвиток стандартів СКС в Європі.....14
2 ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ СТРУКТУРОВАНИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ.....16
2.1 Види топології СКС.....16
2.2 Технічні приміщення та підсистеми СКС.....19
2.3 Кабелі СКС.....21
2.4 Принципи адміністрування СКС.....27
3 КОМПОНЕНТИ СКС ДЛЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ МІДНОГО КАБЕЛЮ.....31
3.1 Компоненти для мультимедійних додатків.....31
3.2 Компоненти для мовних додатків.....32
3.3 Допоміжне обладнання.....34
4 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОНТАЖУ СКС ДЛЯ ОФІСУ.....37
4.1 Поповерхове проектуваня СКС.....37
4.2 Монтаж кабелів та обладнання СКС.....39
4.3 Проектування та розрахунок горизонтальної підсистеми СКС для офісного приміщення.....42
4.3.1 Вихідні дані для проектування.....43
4.3.2 Розрахунок кількості комутаційних панелей (крос-панелей).....43
4.3.3 Розрахунок кількості горизонтального кабелю.....44
4.4 Тестування СКС.....46
4.4.1 Оцінка якості структурованої кабельної системи.....51
4.4.2 Засоби тестування СКС.....53
4.4.3 Параметри, що вимірюються та схеми вимірювання.....55

4.5 Захист інформації офісного інтернет вузла 58
ВИСНОВКИ.....61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....63
ПРЕЗЕНТАЦІЯ.....65

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Позначення	Повне формулювання
СКС	Структурована кабельна система
ВОК	Волоконно-оптичний кабель
ВКС	Виняткова кабельна система
ЦКС	Централізована кабельна система
АСУБ	Автоматизована система управління будівлею
ВОЛЗ	Волоконно-оптична лінія зв'язку
БМВ	Багатомодове волокно (Multi-Mode Fiber)
ОВВ	Одномодове волокно (Single-Mode Fiber)
FTTD	Волокно до робочого місця (Fiber to the Desk)
OMx	Типи багатомодового волокна
OSx	Типи одномодового волокна
WDM	Мультиплексування за довжиною хвилі
CWDM	Грубе мультиплексування за довжиною хвилі
DWDM	Плотне мультиплексування за довжиною хвилі
NMS	Програмне забезпечення для управління мережею
CMS	Система управління кабельною системою
CSMA/CD	Множинний доступ з прослуховуванням несучої
АТМ	Режим асинхронної передачі
ТК	Точка консолідації
МПТ	Магістральна підсистема території
МПЗ	Магістральна підсистема будівлі
УВАТС	Установча відомча автоматична телефонна станція
КДЗЗ	Комплект для захисту зростка (захисна гільза)
ЛОМ	Локальна обчислювальна мережа

ВСТУП

Сучасний світ характеризується стрімким розвитком інформаційних технологій, що неминуче впливає на вимоги до телекомунікаційної інфраструктури будівель. Якщо ще в кінці XX століття було звичним використання окремих кабельних мереж для телефонії, телебачення та інших інженерних систем, то масове впровадження персональних комп'ютерів та їх об'єднання в локальні обчислювальні мережі (ЛОМ) поставило нові виклики. Високошвидкісні ЛОМ потребували надійних та швидких каналів зв'язку, що спочатку вирішувалося розробниками мереж індивідуально, призводячи до різноманіття та несумісності кабельних рішень.

Усвідомлення необхідності уніфікації підходів до побудови кабельних мереж у будівлях призвело до формування концепції структурованої кабельної системи (СКС). СКС являє собою універсальну телекомунікаційну інфраструктуру будівлі або комплексу будівель, що забезпечує передачу сигналів різного типу (дані, голос, відео тощо). На відміну від хаотичних, виняткових кабельних систем минулого, СКС будується за стандартизованими правилами, має чітко визначену структуру, топологію та використовує стандартизовані компоненти.

Актуальність теми дипломної роботи зумовлена тим, що СКС сьогодні є фундаментом інформаційної інфраструктури будь-якого сучасного підприємства, офісу чи навіть житлового будинку. Вона розглядається як одна з капітальних інженерних систем будівлі, поряд з водопроводом, опаленням та електропостачанням, з терміном служби 15-20 років і більше. Правильно спроектована та змонтована СКС забезпечує гнучкість, надійність, легкість адміністрування та економічну ефективність протягом усього життєвого циклу. Вона є невід'ємною частиною концепції «інтелектуальної будівлі», де всі інженерні системи інтегровані та автоматизовані.

Метою даної дипломної роботи є дослідження процесів побудови та тестування структурованих кабельних систем відповідно до сучасних міжнародних стандартів,

таких як ISO/IEC 11801.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

Проаналізувати концепцію, структуру та переваги СКС.

Вивчити вимоги міжнародних стандартів до компонентів, топології та характеристик СКС.

Розглянути основні етапи та технології побудови (монтажу) мідної та волоконно-оптичної підсистем СКС.

Дослідити методи та засоби тестування параметрів мідних та волоконно-оптичних ліній і каналів СКС на відповідність стандартам.

Проаналізувати питання адміністрування та експлуатації СКС.

Об'єктом дослідження є структурована кабельна система як універсальна телекомунікаційна інфраструктура будівлі.

Предметом дослідження є процеси побудови (монтажу) та тестування мідних та волоконно-оптичних компонентів і ліній СКС.

1 РОЗВИТОК СТРУКТУРОВАНИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ

1.1 Походження та розвиток стандартів СКС У США

Стандартизація структурованих кабельних систем у США бере свій початок у 1980-х роках, коли стрімке поширення персональних комп’ютерів та локальних обчислювальних мереж (ЛОМ) виявило гостру потребу в уніфікованих підходах до побудови кабельної інфраструктури будівель. До цього моменту переважали окремі, часто несумісні між собою, кабельні проводки для різних інженерних систем, таких як телефонія чи телебачення. Розробники ЛОМ вирішували завдання створення високошвидкісних каналів зв'язку самостійно, що призводило до хаосу та несумісності обладнання від різних виробників.

Першою помітною спробою систематизації стала кабельна система IBM Cabling System, запропонована компанією IBM у 1984 році, яка включала класифікацію кабелів, з'єднувачів та панелей. Проте справжній поштовх до стандартизації дала спільна робота Асоціації електронної промисловості (EIA) та Асоціації телекомунікаційної індустрії (TIA)[2].

Ключовим моментом стало видання у липні 1991 року першого національного стандарту США EIA/TIA-568 “Commercial Building Telecommunications Cabling Standard”. Цей документ заклав основи уніфікованої кабельної системи для комерційних будівель, визначивши її структуру, компоненти та мінімальні вимоги до характеристик.

Розвиток технологій та накопичений досвід призвели до необхідності оновлення стандарту. У жовтні 1995 року вийшла його наступна редакція — TIA/EIA-568-A. Подальший розвиток ЛОМ, зокрема поява гігабітних швидкостей, стимулював подальші перегляди та доповнення. На початку 2000-х років з'явилася серія стандартів TIA/EIA-568-B, що складалася з трьох частин:

TIA/EIA-568-B.1: Загальні вимоги.

TIA/EIA-568-B.2: Компоненти на основі збалансованої звитої пари, включаючи доповнення, що визначили вимоги до Категорії 6.

TIA/EIA-568-B.3: Компоненти волоконно-оптичних кабельних систем.

Паралельно з розвитком основного стандарту на кабельну систему, TIA/EIA розробляли й інші важливі документи, що доповнювали його та охоплювали суміжні аспекти інфраструктури:

TIA/EIA-569: Стандарт для телекомунікаційних трас (кабелепроводів) та просторів (технічних приміщень) у комерційних будівлях.

TIA/EIA-606: Стандарт адміністрування телекомунікаційної інфраструктури, перша редакція якого з'явилася у 1993 році, а оновлена (606-A) — у 2002 році. Він регламентує маркування, ведення документації та управління кабельним господарством.

TIA/EIA-607: Вимоги до заземлення та вирівнювання потенціалів у телекомунікаційних системах.

TIA/EIA-758: Стандарт на зовнішні (магістральні) кабельні системи, що належать замовнику.

TIA/EIA-862: Стандарт на кабельну проводку для систем автоматизації будівель (BAS), що відображає інтеграцію різних інженерних систем у концепції «інтелектуальної будівлі».

Таким чином, у США було створено комплексну систему стандартів, яка охоплює всі ключові аспекти проектування, монтажу, тестування та адміністрування структурованих кабельних систем, ставши основою для розвитку сучасних телекомунікаційних інфраструктур.

1.2 Розвиток стандартів СКС в Європі

Паралельно з процесами стандартизації структурованих кабельних систем, що відбувалися у США під егідою TIA/EIA, європейська спільнота також усвідомлювала необхідність уніфікації підходів до побудови телекомунікаційної інфраструктури

будівель. Ключову роль у цьому процесі відіграв Європейський комітет зі стандартизації в галузі електротехніки та електроніки – CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique).

Результатом роботи CENELEC стало видання у 1995 році основоположного європейського стандарту на СКС: EN 50173 “Information technology — Generic cabling systems” («Інформаційна технологія — Структуровані кабельні системи»). Цей документ був розроблений практично одночасно з першими редакціями міжнародного стандарту ISO/IEC 11801 та американського TIA/EIA-568-A[12].

Важливо відзначити, що європейський стандарт EN 50173, міжнародний ISO/IEC 11801 та американський TIA/EIA-568-A, незважаючи на деякі відмінності в термінології та окремих числових значеннях, є дуже близькими за технічним змістом. Більшість їхніх вимог до структури, компонентів та характеристик СКС збігаються, відображаючи спільне розуміння принципів побудови універсальних кабельних інфраструктур. Незначні розбіжності переважно пояснюються регіональними традиціями та особливостями технічного рівня розвитку кабельних систем на момент розробки стандартів.

Як і інші стандарти, EN 50173 періодично переглядається та оновлюється, щоб відповідати розвитку технологій, зокрема зростанню швидкостей передачі даних та появі нових категорій кабельних компонентів. Хоча для України, яка не є членом Європейського Економічного Союзу, документи CENELEC не є безпосередньо нормативними, вивчення європейських стандартів є корисним для розуміння загальних тенденцій розвитку СКС та їх гармонізації з міжнародними вимогами.

2 ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ СТРУКТУРОВАНИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ

2.1 Види топології СКС

Топологія структурованої кабельної системи визначає логічну схему з'єднання її функціональних елементів і є одним з ключових аспектів, що регламентуються стандартами. Правильний вибір та дотримання топологічних вимог забезпечують універсальність, гнучкість та надійність кабельної інфраструктури.

Ієрархічна зірка

Основним та обов'язковим топологічним принципом побудови СКС, згідно з міжнародними стандартами (наприклад, ISO/IEC 11801), є ієрархічна зірка. Ця топологія передбачає наявність центральних вузлів комутації на кожному рівні ієрархії системи, від яких променями розходяться кабельні лінії до вузлів нижчого рівня або кінцевих точок підключення.

Її структура виглядає наступним чином:

Розподільний пристрій території (РПТ) є найвищим рівнем і з'єднується з розподільними пристроями будівель (РПБ).

Розподільний пристрій будівлі (РПБ) з'єднується з розподільними пристроями поверхів (РПП).

Розподільний пристрій поверху (РПП) є центром зірки для горизонтальної підсистеми і з'єднується з інформаційними розетками (ІР) на робочих місцях, іноді через точку консолідації (ТК).

Топологічну схему СКС “ієрархічна зірка” наведено на рис. 2.1. Така структура забезпечує гнучкість, оскільки дозволяє легко конфігурувати систему для підтримки різних топологій активного обладнання (шина, зірка, кільце) шляхом комутації у розподільних пристроях. Важливо підкреслити, що вимога ієрархічної зірки стосується саме структури та логічної топології, а не фізичної прокладки кабелів, яка може варіюватися залежно від архітектури будівлі. Стандарти також допускають

суміщення функцій двох розподільних пристроїв фізично в одному місці (наприклад, РПБ та РПП в одній шафі).

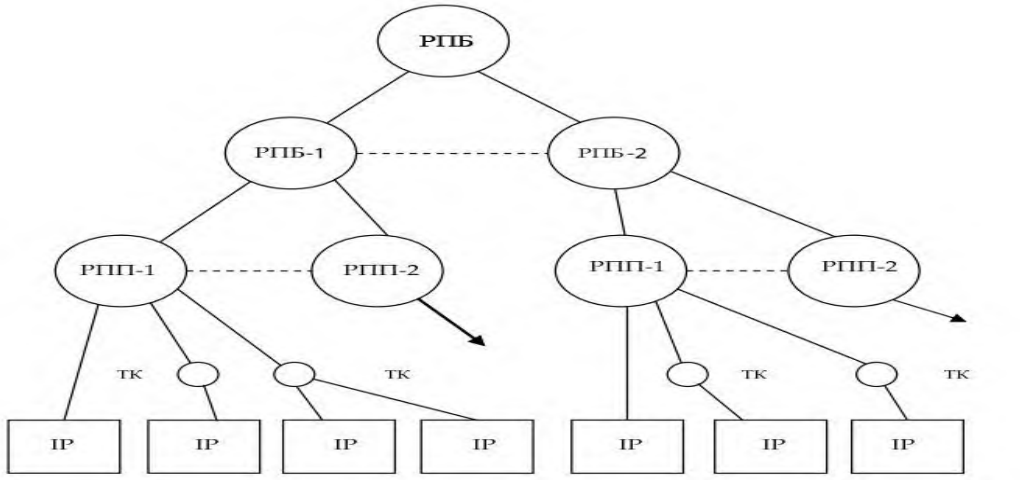


Рис. 2.1 Топологічна схема структурованої кабельної системи (ієрархічна зірка)

На цьому рисунку пунктиром показані додаткові резервні кабелі, що не визначають основну топологію.

Централізована топологія

Існує також концепція централізованої кабельної системи (ЦКС), де всі комутації здійснюються в єдиному центральному приміщенні (наприклад, апаратній). У такій топології кабелі від інформаційних розеток прокладаються безпосередньо до центрального розподільного пункту, минаючи поверхові РПП.

Централізовану та зонова проводку наведено на рис. 2.2.

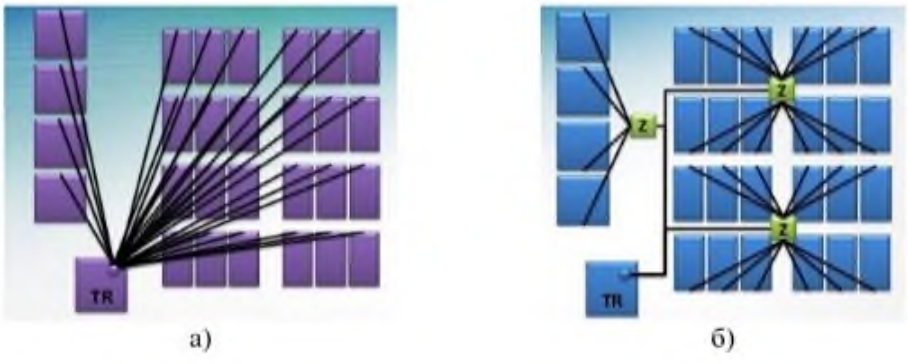


Рис. 2.2 Централізована (а) та зонова (б) проводка

Z – точка консолідації, TR – пункт розподілу на поверсі

Переваги ЦКС:

Скорочення кількості технічних приміщень на поверхах та пов'язаних з ними експлуатаційних витрат (опалення, освітлення, кондиціювання).

Спрощення адміністрування завдяки концентрації всього комутаційного обладнання в одному місці.

Недоліки ЦКС:

Обмеження за максимальною довжиною кабельних ліній (стандартні 100 метрів для мідної горизонтальної підсистеми), що робить її реалізацію можливою лише для невеликих будівель або з використанням волоконно-оптичних компонентів.

Різке зниження гнучкості системи при зміні конфігурації робочих місць або типів обладнання.

Відсутність повної стандартизації (в стандартах є лише окремі рекомендації).

Стандарт ISO/IEC 11801 допускає суміщення елементів централізованої топології зі стандартною зіркоподібною, але попереджає про можливі обмеження гнучкості [8].

Зонова топологія (з точками консолідації)

Варіантом реалізації горизонтальної підсистеми в рамках ієрархічної зірки є зонова топологія із застосуванням точок консолідації (ТК). Точка консолідації — це пасивний проміжний з'єднувальний пункт між РПП та групою інформаційних розеток. Стаціонарний горизонтальний кабель прокладається від РПП до ТК, а від ТК до розеток йдуть коротші, потенційно мобільні сегменти кабелю.

Ця топологія часто використовується в офісах відкритого типу ("Open Space"), де потрібна певна гнучкість для переміщення робочих місць без необхідності повної перекладки кабелів від РПП. Однак, ТК додає додаткове з'єднання в лінію, що може впливати на її характеристики та надійність. Стандарти чітко регламентують правила використання ТК (наприклад, не більше однієї ТК на лінію, мінімальна довжина кабелю від РПП до ТК).

Незважаючи на існування варіацій, ієрархічна зірка залишається фундаментальною топологією, що забезпечує стандартизовану основу для побудови СКС.

2.2 Технічні приміщення та підсистеми СКС

Для розміщення комутаційного обладнання та забезпечення правильного функціонування СКС виділяються спеціальні технічні приміщення. Вони є критично важливими вузлами кабельної інфраструктури. Стандарти визначають два основних типи таких приміщень:

Телекоммунікаційна кімната (Telecommunication Room, TR); часто її називають просто "кросовою". У ній розміщується пасивне комутаційне обладнання (патч-панелі, крос-блоки), що належить до розподільних пристроїв будівлі (РПБ) або поверху (РУЕ). Вона повинна мати відповідну площу, електроживлення, освітлення, підтримувати необхідні кліматичні умови та мати доступ до магістральної підсистеми вищого рівня. Рекомендується мати хоча б одну таку кімнату на поверх або на кожні 1000 кв. м площі. Мінімальна площа зазвичай становить 6 кв. м.

Апаратна (Equipment Room, ER): Це приміщення, де крім пасивного обладнання СКС розміщується також активне телекомунікаційне та мережеве обладнання — сервери, комутатори ЛОМ, АТС тощо. Часто саме в апаратній розташовується центральний розподільний пристрій будівлі (РПБ) або навіть території (РПТ), якщо він є. Апаратна потребує більш ретельного контролю умов середовища (температура, вологість, чистота повітря) через наявність чутливого активного обладнання. Мінімальна рекомендована площа — 14 кв. м.

Також важливим елементом є ввідні пристрої в будівлю (Building Entrance Facilities), де зовнішні магістральні кабелі (від інших будівель або від провайдера послуг) входять у будівлю та з'єднуються з внутрішньою кабельною системою.

Розташування цих приміщень проектується так, щоб забезпечити дотримання обмежень на довжини кабельних ліній : не більше 100 м для горизонтальних каналів "міді" та не більше 2000 м для магістральних каналів.

Підсистеми СКС

Стандартна структурована кабельна система будується за ієрархічним принципом і складається з трьох основних підсистем:

Горизонтальна підсистема (ГП, Horizontal Subsystem): Це частина СКС, яка з'єднує розподільний пристрій поверху (РПП) з інформаційними розетками (IP) на робочих місцях користувачів. Вона включає:

Горизонтальні кабелі (стаціонарні та, за наявності ТК, кабелі точки консолідації).

Комутаційні панелі/крос-блоки та комутаційні шнури/перемички в РПП.

Інформаційні розетки (IP) на робочих місцях.

Опціонально — точку консолідації (ТК). Стандартна максимальна довжина каналу в горизонтальній підсистемі на мідній звитій парі становить 100 метрів. Важливою вимогою є неперервність мідного горизонтального кабелю від РПП до IP (якщо немає ТК), зрощування заборонене. Для оптоволокна зрощування (зварка, механічні сплайси) допускається, але не рекомендується. Сучасні стандарти вимагають, щоб горизонтальна підсистема відповідала як мінімум Класу D (Категорія 5e).

Магістральна підсистема будівлі (МПБ, Building Backbone Subsystem): ця підсистема забезпечує з'єднання між розподільним пристроєм будівлі (РПБ) та розподільними пристроями поверхів (РПП) всередині будівлі. Вона складається з:

Вертикальних (магістральних) кабелів будівлі.

Комутаційних панелей/крос-блоків та комутаційних шнурів/перемичок у РПБ.

Комутаційного обладнання на стороні РПП, де термінуються магістральні кабелі. Зазвичай для побудови МПЗ використовують багатопарні мідні кабелі (для телефонії) та/або волоконно-оптичні кабелі (для передачі даних)[3].

Магістральна підсистема території (МПТ, Campus Backbone Subsystem): Ця підсистема з'єднує будівлі на одній території, зв'язуючи центральний

(територіальний) розподільний пристрій (РПТ) з розподільними пристроями окремих будівель (РПБ). Вона включає:

Зовнішні магістральні кабелі (зазвичай волоконно-оптичні).

Обладнання в РПТ та РПБ для термінування та комутації цих кабелів.

Компоненти у ввідних пристроях будівель. Ця підсистема відсутня, якщо СКС охоплює лише одну будівлю.

Структурну схему СКС з підсистемами можна переглянути на рис. 2.3.

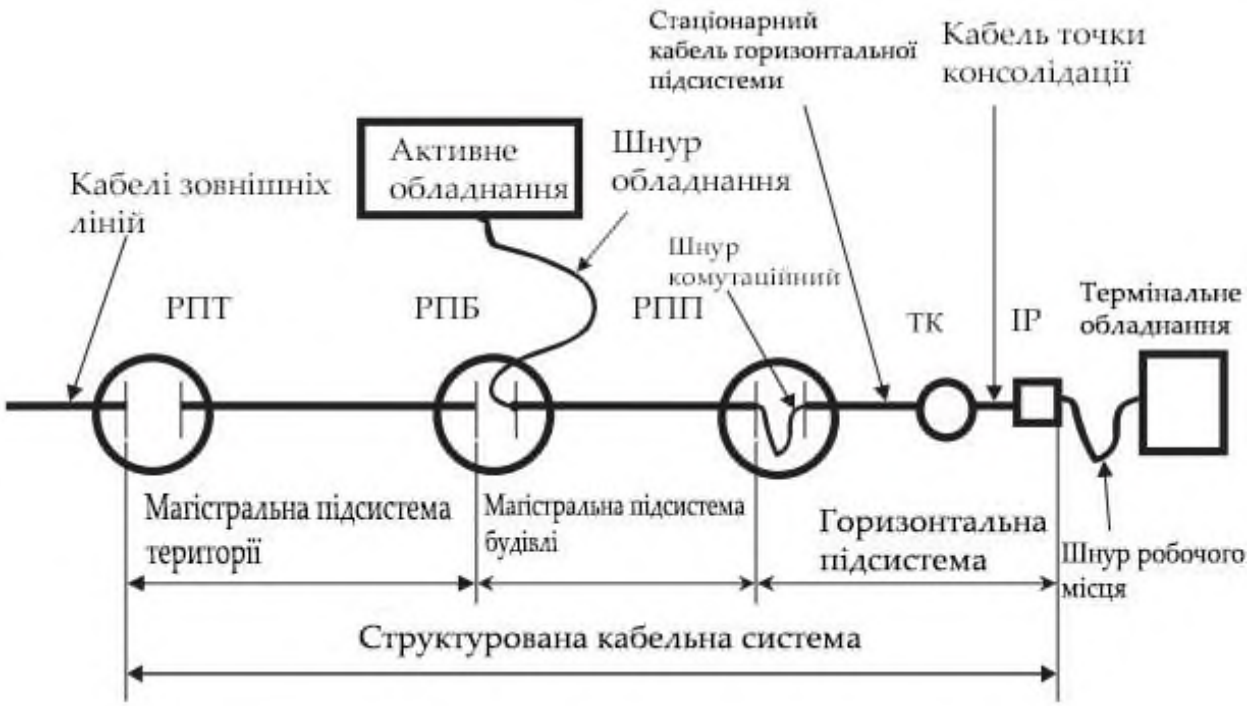


Рис. 2.3 Структурна схема СКС з підсистемами

Важливо пам'ятати, що шнури робочого місця (між ІР та комп'ютером/телефоном) та шнури обладнання (між патч-панеллю та активним обладнанням) формально не входять до складу СКС, хоча їх характеристики враховуються при розрахунку параметрів каналу.

2.3 Кабелі СКС

Кабель є основним функціональним елементом будь-якої структурованої

кабельної системи, виступаючи середовищем для передачі інформаційних сигналів. Стандарти СКС, зокрема ISO/IEC 11801, чітко регламентують типи кабелів, що можуть використовуватися, та їхні характеристики для забезпечення універсальності та надійності системи[6].

В сучасних СКС використовуються два основних типи кабелів:

Мідні симетричні кабелі на основі звитої пари.

Волоконно-оптичні кабелі (ВОК).

Коаксіальні (несиметричні) кабелі стандартом ISO/IEC 11801:2002(E) не охоплюються і в сучасних СКС практично не використовуються для нових інсталяцій, хоча за потреби підключення обладнання з коаксіальним інтерфейсом (наприклад, телевізійного) можуть застосовуватися спеціальні перетворювачі-симетризатори (балуни).

Мідні кабелі на основі звитої пари

Цей тип кабелю є найпоширенішим у горизонтальній підсистемі СКС для підключення робочих місць. Він складається з однієї або декількох пар ізольованих мідних провідників, скручених між собою з певним кроком для зменшення електромагнітних завад.

Класифікація та Категорії:

Мідні кабелі та компоненти (розетки, патч-панелі) класифікуються за категоріями, які визначають їхню здатність передавати сигнали в певній смузі частот.

Стандарт ISO/IEC 11801:2002(E) розглядає компоненти Категорії 5 (часто згадується як 5e), 6 та 7, що забезпечують роботу каналів класів D (100 МГц), E (250 МГц) та F (600 МГц) відповідно. Компоненти нижчих категорій (3, 4) вже не рекомендуються для нових інсталяцій горизонтальної підсистеми, оскільки вона повинна бути не нижче класу D.

Важливо відзначити, що міжнародна Категорія 5 (згідно ISO/IEC 11801:2002(E)) відповідає американській Категорії 5e (згідно TIA/EIA-568-B)[4].

Конструкція:

НВП (UTP - Unshielded Twisted Pair): Неекранована звита пара. Найпростіший і найдешевший тип кабелю, де пари не мають індивідуальних екранів, а також відсутній загальний екран. Використовується там, де немає значних електромагнітних завад.

ФВП (FTP - Foiled Twisted Pair або ScTP - Screened Twisted Pair): Фольгована звита пара. Пари не мають індивідуальних екранів, але є загальний екран з фольги навколо всіх пар. Забезпечує кращий захист від зовнішніх завад, ніж UTP.

ЕВпП (STP - Shielded Twisted Pair): Екранована звита пара. Кожна пара має індивідуальний екран (зазвичай з фольги). Може мати або не мати загального екрану.

S/FTP (Screened Foiled Twisted Pair) або ScSTP (Screened Shielded Twisted Pair): Кожна пара має індивідуальний екран з фольги, і додатково є загальний екран (зазвичай у вигляді обплетення). Ця конструкція забезпечує найкращий захист від завад і використовується для кабелів вищих категорій (6A, 7, 7A).

Порівняти конструкції мідних кабелів можна за рис. 2.4.

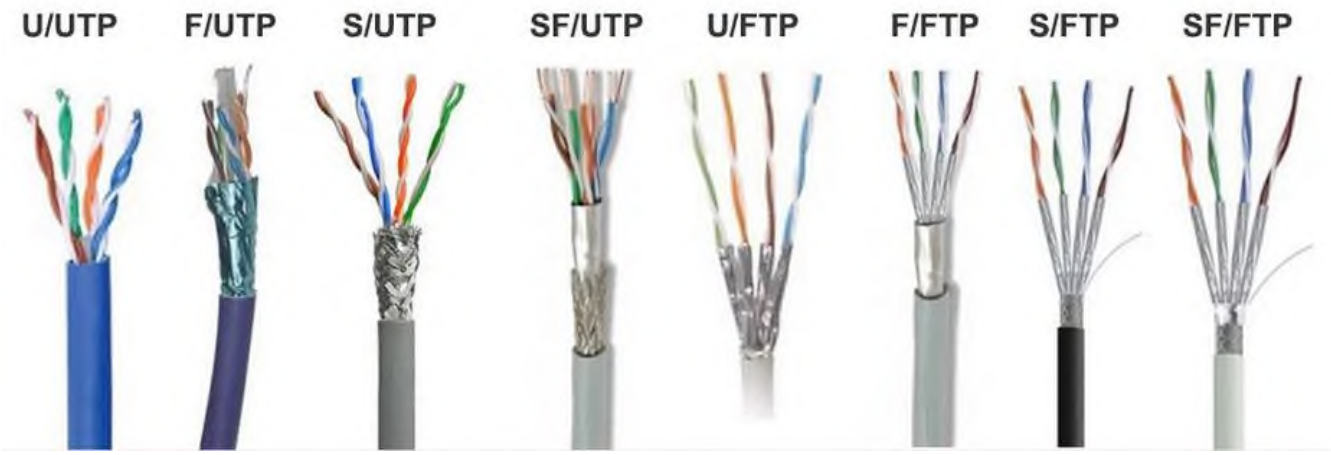


Рис. 2.4 Порівняння конструкцій мідних кабелів

Стандарт ISO/IEC 11801:2002(E) запропонував уніфікований формат позначення конструкцій типу XX/YTP, де XX - тип загального екрану (U - відсутній, F - фольга, S - обплетення, SF - фольга + обплетення), а Y - тип індивідуального екрану пари (U або F).

Список додатків, що використовують симетричні кабелі наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Список додатків, що використовують симетричні кабелі

Клас додатку	Приклади додатків	Специфікація
Клас C, до 16 МГц	CSMA/CD 100Base-T-4	ISO/IEC 8802-3
	Token-Ring 4 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5
Клас D, до 100 МГц	CSMA/CD 100Base-TX	ISO/IEC 8802-3
	CSMA/CD 1000Base-T	ISO/IEC 8802-3
	ATM LAN 155,52 Mbit/s	ATM Forum
Клас E, до 250 МГц	ATM LAN 1,2 Gbit/s	ATM Forum
	Підтримка 10 Gbit/s	
Клас F, до 600 МГц	Підтримка 10 Gbit/s	

Загальні вимоги:

Стандарт ISO/IEC 11801:2002(E) вимагає, щоб номінальний хвильовий опір кабелів для каналів класів D, E, F становив 100 Ом (з допустимим відхиленням).

Діаметр мідних провідників зазвичай відповідає 22-26 AWG (American Wire Gauge), найчастіше 23 або 24 AWG.

Кабелі повинні відповідати вимогам пожежної безпеки, які залежать від місця прокладки (наприклад, LSZH - Low Smoke Zero Halogen).

На зовнішній оболонці кабелю наноситься маркування, що містить інформацію про виробника, тип кабелю, категорію, відповідність стандартам, метражні позначки тощо.

Волоконно-оптичні кабелі (ВОК)

ВОК використовуються переважно в магістральних підсистемах будівлі та території, а також все частіше – у горизонтальній підсистемі («волокно до робочого місця», FTTD). Вони забезпечують передачу сигналів на значно більші відстані та з вищою швидкістю, ніж мідні кабелі, а також повний захист від електромагнітних завад. Базову структуру оптоволокна наведено на рис. 2.5.

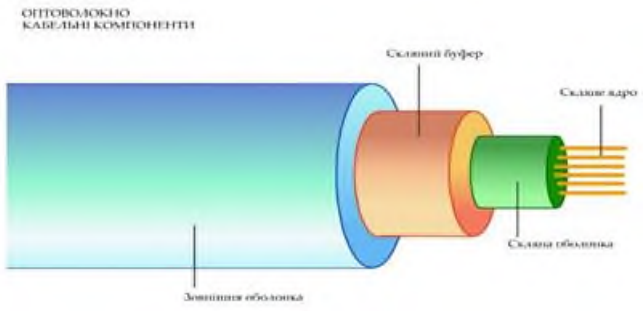


Рис. 2.5 Базова структура оптоволокна

Типи волокон:

Багатомодове волокно (MMF - Multi-Mode Fiber): Має відносно великий діаметр серцевини (50 або 62,5 мкм) і дозволяє поширюватися одночасно декільком модам (шляхам) світла. Використовується для передачі на відносно невеликі відстані (до 2 км залежно від швидкості та типу волокна). Стандартом визначаються типи OM1 (62.5/125 мкм), OM2, OM3, OM4, OM5 (всі 50/125 мкм, відрізняються шириною смуги пропускання).

Одномодове волокно (SMF - Single-Mode Fiber): Має дуже малий діаметр серцевини (близько 8-10 мкм), що дозволяє поширюватися лише одній моді світла. Характеризується значно меншим загасанням та набагато більшою шириною смуги пропускання, що дозволяє передавати сигнали на десятки й сотні кілометрів. Стандартом визначається тип OS1/OS2. Принцип поширення світла в одномодовому та багатомодовому волокні показано на рис. 2.6.

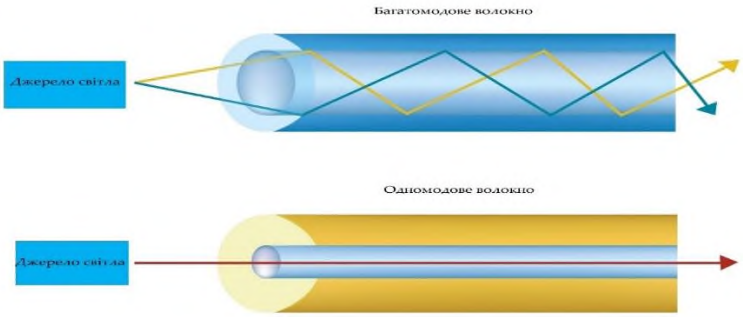


Рис. 2.6 Принцип поширення світла в одномодовому та багатомодовому волокні

Конструкція:

Кабелі зовнішньої прокладки: Призначені для прокладання між будівлями (в кабельній каналізації, ґрунті, повітряним шляхом). Мають міцну конструкцію з силовими елементами (сталевий трос, склопластиковий стрижень) та захистом від вологи (гідрофобний гель, броня) . Часто мають модульну конструкцію (волокна в окремих трубках) або конструкцію з центральною трубкою (монотьюб) .

Кабелі внутрішньої прокладки (внутрішньооб'єктові): Призначені для прокладання всередині будівель (стояки, горизонтальні траси). Вони легші та гнучкіші за зовнішні, не містять гелю і мають оболонку з матеріалів, що відповідають вимогам пожежної безпеки (наприклад, LSZH) . Волокна в таких кабелях зазвичай мають щільне буферне покриття (tight buffer) діаметром 900 мкм для зручності монтажу. Поширені конструкції:

Distribution cable (розподільний): кілька волокон під спільною оболонкою з арамідними (кевларовими) нитками для міцності.

Breakout cable (розгалужувальний): складається з декількох окремих симплексних кабелів (волокно в буфері 900 мкм + арамідні нитки + індивідуальна оболонка) під спільною зовнішньою оболонкою. Дозволяє легко розділяти кабель для термінування окремих волокон.

Simplex/Duplex cable (симплексний/дуплексний): одне або два волокна в індивідуальних оболонках, часто використовуються для патч-кордів та абонентських відводів.

Загальні вимоги:

Стандарт ISO/IEC 11801:2002(E) визначає вимоги до загасання (дБ/км) та коефіцієнту широкосмуговості (МГц*км або ГГц*км) для різних типів волокон на певних довжинах хвиль (наприклад, 850 нм, 1300 нм для багатомоду; 1310 нм, 1550 нм для одномоду).

Оболонки кабелів та буферні покриття волокон мають кольорове кодування для полегшення ідентифікації. Наприклад, для одномодових кабелів часто

використовується жовтий колір оболонки, для багатомодових OM1/OM2 – помаранчевий або сірий, для OM3/OM4 – бірюзовий (aqua)[9].

Характеристики волоконно-оптичних кабелів, що використовуються в СКС наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристики волоконно-оптичних кабелів, що використовуються в СКС

Тип оптичного волокна	Довжина хвилі, нм	Максимальне загасання, дБ/км	Мінімальний коефіцієнт широкосмуговості, МГц·км
Багатомодове 50/125 мкм (OM2/OM3...)	850	3,5	500
(OM2/OM3...)	1300	1,5	500
Багатомодове 62,5/125 мкм	1310	1,0 (внутр.) / 0,5 (зовн.)	160
(OM1)	1300	1,5	500
Одномодове (OS1/OS2)	1310	1,0 (внутр.) / 0,5 (зовн.)	—

Вибір конкретного типу кабелю (мідний чи оптичний, категорія, конструкція) залежить від вимог до підсистеми (горизонтальна чи магістральна), необхідної швидкості передачі даних, відстані, умов навколишнього середовища та бюджету проекту.

2.4 Принципи адміністрування СКС

Правильно організоване адміністрування значно скорочує час простою інженерних систем, таких як ЛОМ, оскільки дозволяє швидко ідентифікувати проблемні ділянки. Це стає можливим завдяки веденню актуальної документації, яка точно відображає поточний стан кабельної інфраструктури.

Стандартизація адміністрування

З ростом масштабів та складності СКС виникла потреба в стандартизації процесів управління ними. Ключовими документами, що регламентують адміністрування, є:

ISO/IEC 14763-1: Міжнародний стандарт, що визначає загальні принципи та вимоги до адміністрування СКС.

TIA/EIA-606 (актуальна версія - 606-A): Американський стандарт, що деталізує вимоги до маркування, ведення записів та документації.

Ці стандарти вводять єдину термінологію та підходи для забезпечення уніфікованого управління кабельним господарством[10].

Основні компоненти системи адміністрування

Система адміністрування СКС базується на кількох ключових елементах, визначених стандартом ISO/IEC 14763-1:

Ідентифікатори (Identifiers): Кожен компонент СКС, включаючи кабелі, розетки, панелі, а також кабелепроводи та технічні приміщення, повинен мати унікальний ідентифікатор. Це може бути простий номер або складний код, що містить

інформацію про місцезнаходження, тип тощо. Стандарт пропонує використовувати багатопольову структуру ідентифікатора (будівля, кімната, компонент, порт) .

Мітки (Labels): Це фізичні носії ідентифікаторів (наклейки, бирки, шильдики), які кріпляться безпосередньо на компоненти. Мітки повинні бути довговічними, легко читабельними та надійно закріпленими. Американський стандарт рекомендує використовувати принтер для нанесення написів, а не робити їх вручну.

Записи (Records): Це сукупність усієї інформації про конкретний компонент та його зв'язки з іншими елементами інфраструктури. Записи повинні вестися систематично (у паперовому або, що краще, електронному вигляді – у базі даних) та обов'язково оновлюватися при будь-яких змінах (ІПДУ) в системі. Стандарт визначає мінімально необхідний набір записів (для кабелів, розеток, креслень) та рекомендує додаткові поля для більш детального опису .

Кабелепроводи (Pathways): Будь-які канали, лотки, труби, короби для прокладання кабелів.

Простори (Spaces): Технічні приміщення (апаратні, кросові), шафи, колодязі тощо, де розміщується обладнання.

Наряди на виконання робіт (Work Orders): Документи, що фіксують заплановані та виконані зміни в кабельній системі, із зазначенням термінів та відповідальних осіб.

Інструменти адміністрування

Для ефективного управління сучасними масштабними СКС широко використовуються програмно-апаратні комплекси:

Програмне забезпечення для управління кабельною системою (CMS - Cable Management Software): Спеціалізовані бази даних, що дозволяють вести облік компонентів, їх зв'язків, планувати зміни, генерувати звіти та наряди на роботи.

"Інтелектуальні" СКС (Intelligent SCS): Системи, де програмне забезпечення інтегроване зі спеціальним апаратним обладнанням (наприклад, "розумні" патч-панелі), яке може автоматично відстежувати фізичні підключення та зміни в реальному часі. Такі системи часто називають Системами Управління Кабельною системою (CMS - Cabling Management System).

Сучасні системи CMS можуть інтегруватися з системами управління мережею (NMS), фінансовими системами підприємства, забезпечуючи комплексне управління IT-інфраструктурою.

Переваги належного адміністрування

Систематичне та стандартизоване адміністрування СКС надає суттєві переваги:

Зниження експлуатаційних витрат: Скорочення часу на пошук несправностей, планування змін, управління активами.

Підвищення надійності: Мінімізація помилок при комутації, швидке відновлення після збоїв.

Покращення безпеки: Контроль доступу до комутаційного обладнання та документування змін.

Ефективне використання ресурсів: Уникнення "втрачених" або невикористаних портів та кабелів.

Спрощення модернізації: Наявність точної документації полегшує планування та впровадження нових технологій.

Таким чином, адміністрування є не просто формальним веденням документації, а критично важливим процесом, що забезпечує довгострокову ефективність та надійність функціонування СКС.

3 КОМПОНЕНТИ СКС ДЛЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ МІДНОГО КАБЕЛЮ

3.1 Компоненти для мультимедійних додатків

Однією з ключових переваг структурованої кабельної системи (СКС) є її універсальність, тобто здатність підтримувати широкий спектр різноманітних додатків та інженерних систем за допомогою єдиної стандартизованої інфраструктури. Це повною мірою стосується і мультимедійних додатків, таких як передача відеосигналів (відеоспостереження, кабельне телебачення), аудіосигналів, відеоконференцзв'язок тощо.

Стандартні компоненти СКС як основа для мультимедіа:

СКС не вимагає спеціальних, окремих компонентів виключно для мультимедіа. Для передачі мультимедійних сигналів використовуються ті ж самі стандартизовані функціональні елементи, що й для даних чи голосу:

Кабелі:

Мідні симетричні кабелі (звита пара): Кабелі відповідної категорії (наприклад, Категорія 5e, 6, 6A або вище) можуть передавати відео- та аудіосигнали, особливо в цифровому форматі (наприклад, IP-відеоспостереження). Вибір категорії залежить від вимог до смуги пропускання конкретного мультимедійного додатку.

Волоконно-оптичні кабелі (ВОК): Завдяки значно вищій пропускній здатності та стійкості до завад, ВОК є ідеальним вибором для передачі високоякісних мультимедійних потоків на великі відстані, особливо в магістральних підсистемах . Використовуються як багатомодові (OMx), так і одномодові (OSx) волокна.

Комутаційне обладнання:

Патч-панелі та крос-блоки: Використовуються стандартні панелі та блоки відповідної категорії для термінування мідних кабелів.

Оптичні полиці (бокси): Стандартні полиці з відповідними адаптерами (SC, LC тощо) для термінування та комутації ВОК.

Інформаційні розетки (IP): На робочих місцях встановлюються стандартні мідні модульні розетки (наприклад, RJ-45) або оптичні розетки (адаптери SC, LC) відповідної категорії/типу.

Шнури (патч-корди, абонентські шнури): Використовуються мідні або оптичні шнури відповідної категорії/типу для з'єднань на патч-панелях та підключення кінцевого обладнання[1].

Адаптери та специфічні рішення:

Хоча сама СКС є універсальною, деякі мультимедійні пристрої можуть мати специфічні інтерфейси, що відрізняються від стандартних для СКС (наприклад, коаксіальний роз'єм BNC для аналогового відео або телебачення). У таких випадках використовуються адаптери або перетворювачі:

Балуни (Balun - Balanced-Unbalanced): Це пристрої, що узгоджують симетричний інтерфейс звитої пари з несиметричним коаксіальним інтерфейсом. Вони дозволяють передавати, наприклад, аналоговий відеосигнал або сигнал кабельного телебачення по мідній звитій парі СКС. Важливо, щоб такі пристрої були зовнішніми по відношенню до інформаційної розетки.

Медіаконвертери: Пристрої, що перетворюють сигнали з одного середовища передачі на інше (наприклад, мідь-оптика) або сигнали одного формату на інший.

Таким чином, для забезпечення роботи мультимедійних додатків в рамках СКС ключовим є правильний вибір категорії/класу компонентів, що гарантує необхідну смугу пропускання, та використання відповідних адаптерів для узгодження інтерфейсів кінцевого обладнання зі стандартизованою кабельною інфраструктурою.

3.2 Компоненти для мовних додатків

Структурована кабельна система спочатку проектувалася з урахуванням необхідності підтримки традиційних мовних додатків, зокрема телефонії, поряд з передачею даних. Універсальність СКС полягає саме в тому, що вона дозволяє використовувати єдину кабельну інфраструктуру для різних інженерних систем,

відходячи від практики прокладання окремих кабельних мереж для кожної потреби, як це було раніше.

Інтеграція традиційної телефонії (АТС/РАВХ):

Для підключення аналогових або цифрових телефонних апаратів до офісної АТС (УВАТС) використовуються стандартні компоненти СКС:

Мідні кабелі на основі звитої пари: Зазвичай застосовуються кабелі Категорії 5е або вище в горизонтальній підсистемі, що забезпечує універсальність та запас характеристик. Хоча для самої телефонії часто достатньо і нижчих категорій (наприклад, Категорія 3 може використовуватися для багатопарних магістральних кабелів, що з'єднують поверхові кроси з АТС).

Інформаційні розетки та модулі: Використовуються стандартні модульні розетки з роз'ємами RJ-45 (8P8C). Незважаючи на те, що для телефонії часто достатньо лише однієї або двох пар, сучасні стандарти та практика монтажу СКС рекомендують термінувати всі 4 пари кабелю на розетці для забезпечення універсальності та підтримки майбутніх додатків або технологій (наприклад, PoE - Power over Ethernet).

Комутаційне обладнання: Для термінування кабелів у технічних приміщеннях (кросових, апаратній) використовуються стандартні патч-панелі з роз'ємами RJ-45 або крос-блоки (наприклад, типу 110, особливо для багатопарних кабелів від АТС). Комутація між портами АТС та лініями до абонентських розеток здійснюється за допомогою комутаційних шнурів (патч-кордів) або кросувальних перемичок.

Підтримка IP-телефонії (VoIP):

Сучасні мовні додатки все частіше базуються на технології передачі голосу через IP-мережі (VoIP). IP-телефони функціонально є мережевими пристроями і підключаються до СКС так само, як і комп'ютери:

Використовуються ті ж мідні кабелі Категорії 5е або вище в горизонтальній підсистемі.

Підключення здійснюється до стандартних інформаційних розеток RJ-45.

Комутація відбувається через ті ж патч-панелі та мережеві комутатори, що й для передачі даних.

Таким чином, для підтримки як традиційної, так і IP-телефонії, СКС використовує свої стандартні, універсальні компоненти, що підкреслює її гнучкість та економічну ефективність як єдиної телекомунікаційної інфраструктури будівлі.

3.3 Допоміжне обладнання

Хоча функціонально структурована кабельна система (СКС) складається з кабелів, роз'ємів, комутаційних панелей/блоків та точок консолідації, для її фізичної реалізації, надійної експлуатації та адміністрування необхідний широкий спектр допоміжного (або пасивного) обладнання та матеріалів. Ці компоненти не беруть безпосередньої участі в передачі сигналу, але відіграють критично важливу роль у забезпеченні механічного захисту, організації, кріпленні та маркуванні функціональних елементів системи.

До основного допоміжного обладнання СКС належать:

Засоби організації кабельних трас (кабелепроводи, Pathways):

Кабельні лотки: Металеві (суцільні, перфоровані, сітчасті) або пластикові конструкції для відкритої прокладки великої кількості кабелів, зазвичай за фальшстелею або під фальшпідлогою.

Кабельні короби (канали): Пластикові або металеві профілі різного перерізу для прокладки кабелів уздовж стін, під підлогою або всередині перегородок. Часто використовуються в офісних приміщеннях для підведення кабелів до робочих місць.

Труби (гофри, жорсткі труби): Пластикові або металеві труби для прихованої прокладки кабелів у стінах, стяжці підлоги, а також для вводів кабелів у приміщення або крізь стіни.

Елементи кріплення та підтримки: Скоби, хомути, гаки, троси для фіксації та підвішування кабелів та кабелепроводів.

Монтажні конструктиви (Простори, Spaces):

Телекомунікаційні шафи: Закриті металеві конструкції (зазвичай 19-дюймового стандарту) для розміщення комутаційного (патч-панелі) та активного обладнання. Забезпечують захист обладнання від пилу, несанкціонованого доступу та механічних пошкоджень.

Відкриті стійки: Рамні металеві конструкції (зазвичай 19-дюймові) для розміщення обладнання в контрольованих приміщеннях (апаратні, кросові), де не потрібен високий рівень захисту, але важлива легкість доступу та вентиляція.

Настінні рами та кронштейни: Використовуються для кріплення невеликої кількості комутаційного обладнання безпосередньо на стіні.

Органайзери кабелю:

Горизонтальні та вертикальні кабельні органайзери: Панелі з кільцями, щітками або іншими елементами для впорядкованої прокладки та фіксації комутаційних шнурів у шафах та стійках. Допомагають підтримувати порядок, запобігають надмірному перегину шнурів та полегшують адміністрування.

Засоби маркування (Labels):

Метки для кабелів, шнурів, розеток, панелей: Спеціальні наклейки, бирки, вставки, що містять унікальні ідентифікатори компонентів відповідно до системи адміністрування. Маркування є критично важливим для ефективної експлуатації та пошуку несправностей.

Кріпильні вироби: Гвинти, гайки, дюбелі, анкери, стяжки для монтажу кабелепроводів, шаф, стійок, розеток та фіксації кабелів.

Хоча допоміжне обладнання не впливає безпосередньо на електричні чи оптичні характеристики каналів зв'язку, правильний вибір та якісний монтаж цих компонентів є надзвичайно важливими. Вони забезпечують:

Механічний захист кабелів від пошкоджень.

Дотримання допустимих радіусів вигину кабелів.

Організацію та впорядкування кабельного господарства.

Полегшення адміністрування, обслуговування та модернізації системи.

Естетичний вигляд інсталяції.

Відповідність вимогам пожежної безпеки.

Нехтування якістю допоміжного обладнання може призвести до пошкодження функціональних компонентів СКС, ускладнення експлуатації та збільшення довгострокових витрат на підтримку системи.

4 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОНТАЖУ СКС ДЛЯ ОФІСУ

4.1 Поповерхове проектуваня СКС

На цьому етапі основна увага приділяється аналізу плану поверху та визначенню розміщення ключових елементів інфраструктури:

Аналіз плану поверху: Вивчається планування поверху, розташування робочих приміщень, коридорів, технічних зон, несучих конструкцій та потенційних перешкод для прокладання кабелів.

Визначення кількості робочих місць та інформаційних розеток (IP): На основі призначення приміщень та нормативів (наприклад, стандартна рекомендація – один блок розеток на кожні 4-10 м² корисної площі офісного приміщення) або специфічних вимог замовника визначається необхідна кількість IP. Стандарт ISO/IEC 11801 рекомендує щонайменше дві IP на одне індивідуальне робоче місце.

Вибір місця для поверхової кросової (Телекомунікаційної кімнати, TR): Обирається приміщення для розміщення Розподільного Пристрою Поверху (РУЕ). Ключові критерії вибору :

Центральне розташування для мінімізації довжин горизонтальних кабелів (максимальна довжина стаціонарної лінії – 90 м, каналу – 100 м).

Достатня площа: Розраховується залежно від кількості обслуговуваних робочих місць (наприклад, 7 м² на робоче місце, але не менше 6 м²).

Доступність для обслуговування.

Відповідність вимогам щодо умов середовища (температура, вологість, чистота), електроживлення, освітлення.

Можливість підключення до магістральної підсистеми будівлі. На одному поверсі може бути кілька РУЕ, якщо його площа перевищує 1000 м² або цього вимагає конфігурація. Функції РУЕ можуть суміщатися з РУЗ, якщо вони знаходяться на одному поверсі.

Планування кабельних трас (кабелепроводів): Визначаються шляхи прокладання горизонтальних кабелів від РУЕ до ІР. Можливі варіанти:

У просторі за підвісною стелею (з використанням кабельних лотків).

Під фальш підлогою.

У настінних коробах (декоративних кабель-каналах).

У закладних трубах (в стінах, стяжці підлоги). Вибір залежить від конструкції будівлі, дизайну приміщень та бюджету. Необхідно забезпечити захист кабелів та дотримання мінімально допустимих радіусів вигину.

Телекомунікаційні аспекти поетажного проєктування

Цей етап фокусується на виборі конкретних компонентів СКС та розрахунку кабельних ліній:

Проєктування підсистеми робочого місця:

Визначається тип та комплектація інформаційних розеток (кількість мідних та/або оптичних портів). Зазвичай використовують подвійні розетки (мідь+мідь або мідь+оптика).

Обираються модулі для розеток відповідної категорії (не нижче Категорії 5е для міді).

Визначається спосіб монтажу розеток (настінний зовнішній, вбудований, у короб, у підлоговий лючок тощо).

Проєктування горизонтальної підсистеми:

Вибір типу та категорії горизонтального кабелю: Залежно від вимог до продуктивності (мінімум Клас D / Категорія 5е), умов експлуатації (наявність електромагнітних завад) та бюджету обирається тип мідного кабелю (UTP, FTP, S/FTP) або використовується волоконно-оптичний кабель.

Трасування та розрахунок довжин кабелів: Для кожної ІР визначається траса прокладання кабелю від РУЕ, розраховується її довжина з урахуванням вертикальних спусків/підйомів та запасу на обробку кінців (зазвичай близько 3 м з кожного боку).

Перевіряється дотримання обмежень на максимальну довжину (90 м для стаціонарної лінії).

Використання точок консолідації (ТК): За потреби (наприклад, у відкритих офісах) планується встановлення ТК з дотриманням правил: не більше однієї ТК на лінію, мінімум 15 м від РУЕ до ТК, ТК обслуговує не більше 12 робочих місць . ТК встановлюється у легкодоступному для обслуговування, але прихованому місці (за фальшстелею, під фальшпідлогою).

Вибір комутаційного обладнання в РУЕ: Визначається тип (патч-панелі мідні/оптичні, крос-блоки) та розраховується необхідна кількість портів комутаційного обладнання для термінування всіх горизонтальних кабелів поверху.

Розрахунок допоміжних матеріалів: Визначається необхідна кількість кабельних лотків, коробів, труб, кріплень, органайзерів, маркувальних елементів для поверху .

Результатом поетажного проєктування є детальні плани розміщення обладнання та прокладання кабельних трас на поверсі, специфікації на всі необхідні компоненти та матеріали [11].

4.2 Монтаж кабелів та обладнання СКС

Монтаж (або інсталяція) є вирішальним етапом створення структурованої кабельної системи, оскільки саме від якості виконання монтажних робіт безпосередньо залежать її кінцеві характеристики, надійність та відповідність стандартам . Навіть при використанні найякісніших компонентів, недбалий монтаж може призвести до повної непрацездатності системи або значного погіршення її параметрів. Тому до монтажу СКС висуваються високі вимоги щодо кваліфікації персоналу, використання спеціалізованого інструменту та суворого дотримання технологій і стандартів.

Інструмент та підготовка

Для якісного монтажу СКС необхідний спеціалізований інструмент. Для мідних кабелів це, зокрема:

Інструмент для зачистки зовнішньої оболонки кабелю.

Ударний інструмент ("забивка") зі змінними лезами відповідного типу (наприклад, 110, Krone) для термінування провідників на IDC-контактах патч-панелей, крос-блоків та розеток .

Обтискний інструмент (кримпер) для монтажу модульних вилок (наприклад, RJ-45) на кабелі (хоча виготовлення патч-кордів вручну не рекомендується для гарантованих СКС).

Для волоконно-оптичних кабелів набір інструментів залежить від обраної технології термінування (клейова, безклейова, зварювання) і може включати :

Стрипери для видалення буферних покриттів різного діаметру (900 мкм, 250 мкм).

Ножиці для різання арамідних (кевларових) ниток.

Прецизійний сколювач для отримання якісного торця волокна.

Інструменти для введення волокна в конектор та його фіксації (залежно від технології).

Полірувальні інструменти (шайби, плівки різної абразивності) для клейових технологій .

Мікроскоп для контролю якості торця волокна .

Зварювальний апарат для оптоволокна (для монтажу зварних сплайсів).

Перед початком монтажу необхідно ретельно вивчити проектну документацію, перевірити комплектність та якість матеріалів, а також ознайомитись з інструкціями виробників обладнання та компонентів.

Основні етапи та правила монтажу

Прокладання кабелів:

Кабелі прокладаються по заздалегідь підготовлених трасах (лотки, короби, труби).

Неприпустимо перевищувати максимально допустиме зусилля розтягування кабелю при протяжці. Для оптоволокна слід тягнути за силові елементи (кевларові нитки), а не за оболонку чи волокно.

Необхідно суворо дотримуватись мінімально допустимого радіусу вигину кабелю, як під час прокладки, так і при фіксації . Надмірний вигин мідного кабелю погіршує його характеристики, а оптоволоконного – призводить до зростання загасання або навіть зламу волокна .

Слід уникати надмірного стискання кабелів (наприклад, перетягнутими стяжками), особливо для мідних кабелів високих категорій.

Кабелі СКС повинні прокладатися на безпечній відстані від силових електричних кабелів та інших потенційних джерел електромагнітних завад .

Після прокладки кабелі акуратно фіксуються та маркуються з обох кінців.

Монтаж комутаційного обладнання:

Патч-панелі (мідні та оптичні), крос-блоки встановлюються в монтажні конструктиви (шафи, стійки).

Організатори кабелю встановлюються для впорядкованої укладки комутаційних шнурів.

Термінування (закладення) кабелів:

Мідні кабелі: Кінці кабелів обробляються, пари розплітаються на мінімально можливу довжину (критично для високих категорій) і провідники термінуються на IDC-контактах патч-панелей або розеточних модулів за допомогою ударного інструменту . Необхідно суворо дотримуватися обраної схеми розшивки (T568A або T568B).

Волоконно-оптичні кабелі: Кабель обробляється, волокна зачищаються від буферних покриттів, сколюються і термінуються за допомогою обраної технології – монтаж конекторів (клейовий, безклейовий) або приварювання пігтейлів . Місця з'єднань (сплайси) та запас волокна укладаються в спеціальні касети (організатори сплайсів) всередині оптичних полиць (боксів) або муфт [7].

Монтаж інформаційних розеток: Розеточні модулі встановлюються в корпуси розеток, які кріпляться на стіну, в короб або іншим передбаченим проектом способом.

Заземлення: Усі металеві компоненти СКС (екрани кабелів, патч-панелі, шафи, лотки) повинні бути належним чином заземлені та з'єднані між собою відповідно до вимог стандарту TIA/EIA-607 для забезпечення електробезпеки та електромагнітної сумісності.

Безпека при монтажі

При виконанні монтажних робіт, особливо з оптоволокном, необхідно суворо дотримуватися правил техніки безпеки:

Використовувати захисні окуляри при роботі з оптоволокном для запобігання потраплянню уламків скла в очі.

Акуратно збирати всі уламки оптоволокна у спеціальний контейнер та безпечно їх утилізувати.

Дотримуватися пожежної безпеки при роботі зі спиртом та клеями.

Забезпечити належну вентиляцію при роботі з клеями та розчинниками.

Дотримуватися загальних правил електробезпеки.

Після завершення монтажних робіт проводиться маркування всіх компонентів та обов'язкове тестування кабельних ліній для перевірки їх відповідності заявленій категорії/класу та стандартам.

4.3 Проектування та розрахунок горизонтальної підсистеми СКС для офісного приміщення

В даному розділі наводиться приклад практичного розрахунку компонентів структурованої кабельної системи для типового офісного поверху. Розрахунок базується на методиці визначення необхідної кількості комутаційного обладнання та кабельної продукції виходячи з кількості робочих місць та архітектурних особливостей приміщення.

4.3.1 Вихідні дані для проектування

Об'єктом проектування є поверх офісної будівлі. Для розрахунку приймаємо наступні вихідні параметри:

- Загальна площа поверху: Stotal=300 м².
- Кількість робочих місць (РМ): 30.
- Комплектація робочого місця: Кожне РМ обладнується 2 портами RJ-45 (один для підключення ПК, другий – для IP-телефону або принтера).
- Тип кабелю: U/UTP (неекранована звита пара) категорії 5e, 4 пари.
- Розміщення розподільного пункту поверху (РУЕ): Окрема серверна кімната.

4.3.2 Розрахунок кількості комутаційних панелей (крос-панелей)

Розподільний пункт поверху (РПП) оснащується комутаційними панелями для термінування горизонтальних кабелів. Кількість портів на панелях повинна відповідати кількості портів на робочих місцях з урахуванням технологічного запасу.

1. Загальна кількість портів:

$N_{ports}=N_{rm}\times 2$

де N_{rm} — кількість робочих місць.

$N_{ports}=30\times 2=60$ портів

2. Необхідний резерв: Рекомендується передбачати запас портів у розмірі 10-20% для можливого розширення або ремонту. Приймемо запас у 12 портів.

$N_{total}=60+12=72$ порти

3. Вибір панелей: Для інсталяції обираємо стандартні 19-дюймові патч-панелі на 24 порти (RJ-45, Категорія 5e). Кількість панелей (Kpp) розраховуємо як:

$K_{pp}=24N_{total}=2472=3$

Результат: Для обслуговування поверху необхідно встановити 3 комутаційні панелі по 24 порти кожна.

4.3.3 Розрахунок кількості горизонтального кабелю

Для розрахунку загальної довжини кабелю горизонтальної підсистеми використовується метод підсумовування, що враховує середню довжину траси та коефіцієнт запасу на укладання .

Формула для розрахунку довжини кабелю для одного поверху:

$$L_{total} = \sum^{N}_{i=1}(l_i \times K_{zap} + L_{tech})$$

де:

- l_i — довжина траси від шафи до і-го робочого місця (по планах);
- K_{zap} — коефіцієнт запасу на вигини та повороти траси (приймаємо 1.1);
- L_{tech} — технологічний запас на обробку кабелю (з боку розетки – 0.3 м, з боку шафи – 1.5 м, сумарно 1.8 м).

Для спрощення розрахунку усереднимо довжини трас для груп робочих місць. Припустимо, що робочі місця розподілені по трьох зонах віддаленості від серверної. Розрахунок довжини горизонтального кабелю проведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1.

Розрахунок довжини горизонтального кабелю

Зона	Кількість ліній (кабелів)	Середня довжина траси (L_{avg}), м	Розрахункова довжина з запасом (L_{calc}), м	Загальна довжина, м
Ближня зона	20	15	(15×1.1) + 1.8 = 18.3	366
Середня зона	24	30	(30×1.1) + 1.8 = 34.8	820.8
Дальня зона	16	45	(45×1.1) + 1.8 = 51.3	820.8
ВСЬОГО:	60			2022

Загальна потреба в кабелі становить 2022 метри. Стандартна упаковка кабелю (бухта) містить 305 метрів. Розрахуємо кількість бухт:

$$N_{box} = 2022/305 \approx 6.63$$

Округляємо в більшу сторону до цілого числа, оскільки зрощування кабелю в горизонтальній підсистемі не допускається, і враховуємо можливі відходи при нарізці.

Результат**:** Необхідно 7 бухт кабелю U/UTP Cat.5e. На рис. 4.1 показано план розміщення робочих місь та кабельних трас на поверсі.

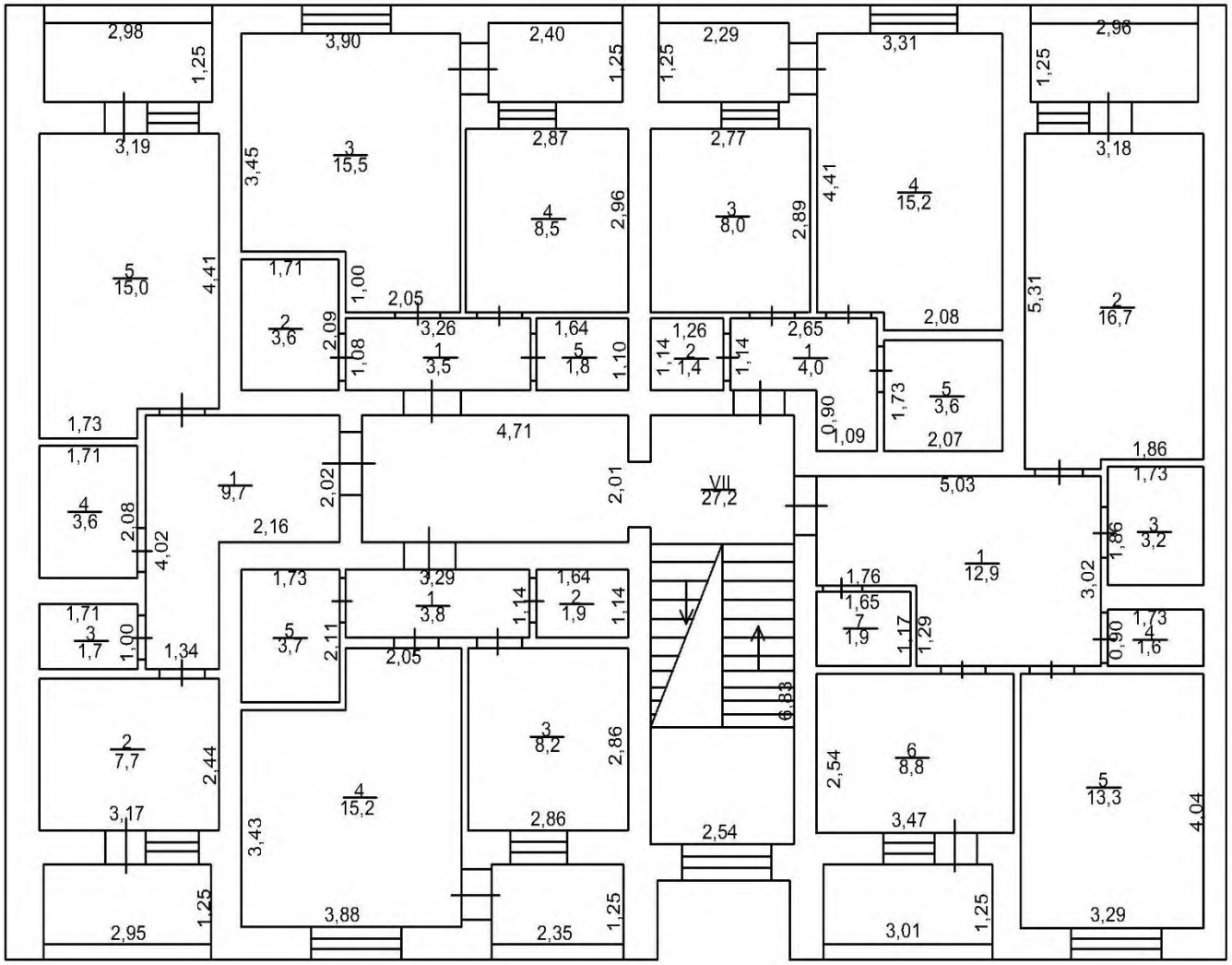


Рис. 4.1 План розміщення робочих місць та кабельних трас на поверсі

4.3.4 Вибір активного мережевого обладнання

Для забезпечення підключення користувачів до локальної мережі та Інтернету на поверсі необхідно встановити комутатори доступу.

Виходячи з розрахованої кількості портів (60 активних портів), доцільно використати стековані комутатори. Пропонується наступна конфігурація:

Основний комутатор: 48 портів 10/100/1000Base-T (наприклад, аналог Cisco Catalyst або D-Link). Це забезпечить підключення більшості робочих місць.

Додатковий комутатор: 24 порти 10/100/1000Base-T. Це забезпечить підключення решти 12 робочих місць та залишить резерв у 12 портів для майбутнього розширення або підключення мережевих принтерів та точок доступу Wi-Fi.

Комутатори встановлюються у ту ж телекомунікаційну шафу, що й патч-панелі, і з'єднуються з ними за допомогою комутаційних шнурів (патч-кордів)[5].

4.4 Тестування СКС

Тестування є завершальним та обов'язковим етапом побудови структурованої кабельної системи. Без проведення тестування та отримання відповідних звітів об'єкт не може бути прийнятий в експлуатацію, оскільки лише тестування підтверджує відповідність змонтованої кабельної системи певній категорії або класу та вимогам стандартів.

Мета тестування:

Сертифікація: Підтвердити, що параметри створених кабельних ліній та каналів (як мідних, так і волоконно-оптичних) відповідають вимогам стандартів (наприклад, ISO/IEC 11801) для заявленої категорії/класу (наприклад, Категорія 6 / Клас E).

Гарантія працездатності: Переконатися, що система зможе підтримувати роботу всіх запланованих мережевих додатків (Ethernet, телефонія тощо).

Виявлення дефектів: Знайти приховані дефекти монтажу або проблеми з компонентами, які неможливо виявити візуально. Це можуть бути неякісні з'єднання, пошкодження кабелю під час прокладки, перевищення допустимої довжини розкрутки пар тощо.

Документування: Створити детальну звітність про стан кожної лінії системи, що є основою для гарантії та подальшого адміністрування.

Обладнання та процедури тестування

Тестування СКС проводиться за допомогою спеціалізованих приладів – кабельних аналізаторів (наприклад, Fluke Networks) . Ці прилади повинні мати

відповідний рівень точності (Level IIE, Level III або вище, залежно від категорії/класу СКС, що тестується) та проходити регулярну повірку (калібрування) .

Процедури тестування регламентуються стандартами, зокрема IEC 61935-1 для мідних інсталяцій та ISO/IEC TR 14763-3 для волоконно-оптичних[6].

Тестування зазвичай проводиться для двох основних конфігурацій:

Постійна лінія (Permanent Link): Включає стаціонарний кабель, розетку на робочому місці та порт на патч-панелі в кросовій. Цей тест перевіряє якість монтажу стаціонарної частини СКС.

Канал (Channel): Включає постійну лінію, а також комутаційні шнури (патч-корди) в кросовій та на робочому місці. Цей тест моделює повний шлях сигналу між активним обладнанням.

Параметри, що тестуються

Набір параметрів, що вимірюються, залежить від типу кабелю (мідний чи оптичний) та конфігурації тестування.

Для мідних кабелів (звита пара):

Кабельні аналізатори вимірюють та порівнюють із граничними значеннями стандарту цілий ряд параметрів у потрібному діапазоні частот . Основні з них:

Схема розключення (Wire Map): Перевірка правильності з'єднання провідників на обох кінцях лінії, відсутність обривів, коротких замикань, переплутаних пар або жил.

Довжина (Length): Вимірювання фізичної довжини кожної пари.

Загасання (Insertion Loss, IL): Зменшення потужності сигналу при проходженні по лінії.

На рис. 4.2 Показано схему вимірювання основних параметрів кабельних ліній

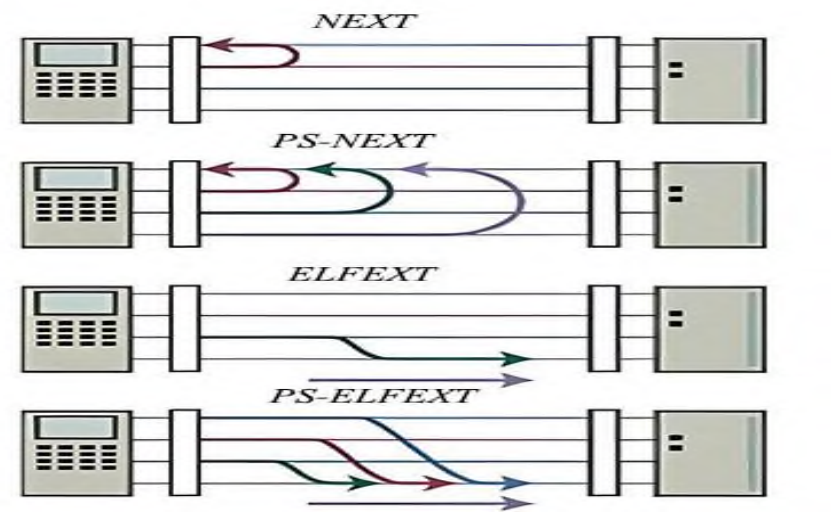


Рис. 4.2 Схема вимірювання параметрів впливу кабельних ліній

Перехідне загасання на ближньому кінці (NEXT - Near-End Crosstalk): Рівень перешкод, що наводяться однією парою на іншу на тому ж кінці кабелю.

Сумарне перехідне загасання на ближньому кінці (PSNEXT - Power Sum NEXT): Сумарний рівень перешкод від усіх інших пар на одну конкретну пару на ближньому кінці.

Рівнорівневе перехідне загасання на дальньому кінці (ELFEXT - Equal Level Far-End Crosstalk) або Захищеність на дальньому кінці (ACR-F - Attenuation-to-Crosstalk Ratio Far-End): Рівень перешкод на дальньому кінці лінії, нормалізований відносно загасання.

Сумарне рівнорівневе перехідне загасання на дальньому кінці (PSELFEXT - Power Sum ELFEXT) або Сумарна захищеність на дальньому кінці (PS ACR-F - Power Sum ACR-F): Сумарний рівень перешкод від усіх інших пар на одну конкретну пару на дальньому кінці, нормалізований відносно загасання.

Втрати на відбиття (Return Loss, RL): Частина потужності сигналу, що відбивається назад до джерела через неузгодженість імпедансу лінії.

Захищеність на ближньому кінці (ACR-N - Attenuation-to-Crosstalk Ratio Near-End): Різниця між NEXT та загасанням; показує відношення корисного сигналу до

шуму на ближньому кінці.

Сумарна захищеність на ближньому кінці (PS ACR-N - Power Sum ACR-N): Різниця між PSNEXT та загасанням.

Затримка поширення (Propagation Delay): Час, за який сигнал проходить по кабельній лінії.

Розбіжність затримки (Delay Skew): Різниця в затримці поширення між найшвидшою та найповільнішою парами.

Опір шлейфу постійному струму (DC Loop Resistance): Опір пари провідників.

Для волоконно-оптичних кабелів основними параметрами, що перевіряються, є:

Загасання (Attenuation / Insertion Loss): Втрати потужності оптичного сигналу при проходженні по лінії (включаючи втрати в кабелі та на з'єднаннях). Вимірюється за допомогою джерела оптичного випромінювання та вимірювача потужності або спеціалізованих тестерів.

Довжина (Length): Фізична довжина оптоволоконної лінії.

Полярність (Polarity): Перевірка правильності з'єднання передавача (Tx) одного кінця з приймачем (Rx) іншого кінця для дуплексних ліній.

Втрати на відбиття (Return Loss): Рівень сигналу, що відбивається назад до джерела від з'єднань та кінців волокна (особливо важливо для одномодових систем).

Цілісність (Continuity): Перевірка відсутності обривів волокна.

Для детальної діагностики оптоволоконних ліній (виявлення місць пошкоджень, вимірювання втрат на окремих зварюваннях/конекторах) використовується оптичний рефлектометр (OTDR).

Звітність та додаткове тестування

За результатами тестування формується детальний звіт для кожної лінії, який зазвичай містить:

Ідентифікатор лінії.

Використаний стандарт та межі тестування.

Результат тесту ("Пройшов" / "Не пройшов").

Виміряні значення всіх параметрів та їх порівняння з граничними.

Графіки частотних залежностей параметрів (для мідних кабелів).

Інформацію про прилад, дату та час тестування.

Якщо тестування виявляє проблеми, виконуються роботи з їх усунення (перерозшивка розетки/панелі, заміна компонента тощо) з наступним повторним тестуванням.

Іноді, крім стандартного тестування на відповідність категорії/класу, може проводитися додаткове тестування на роботу реальних додатків або перевірка впливу зовнішніх перешкод (наприклад, від силових кабелів).

На рис. 4.3 та рис. 4.4 Показано протоколи сертифікаційного тестування волоконно-оптичної лінії на відповідність стандарту ISO/IEC 11801

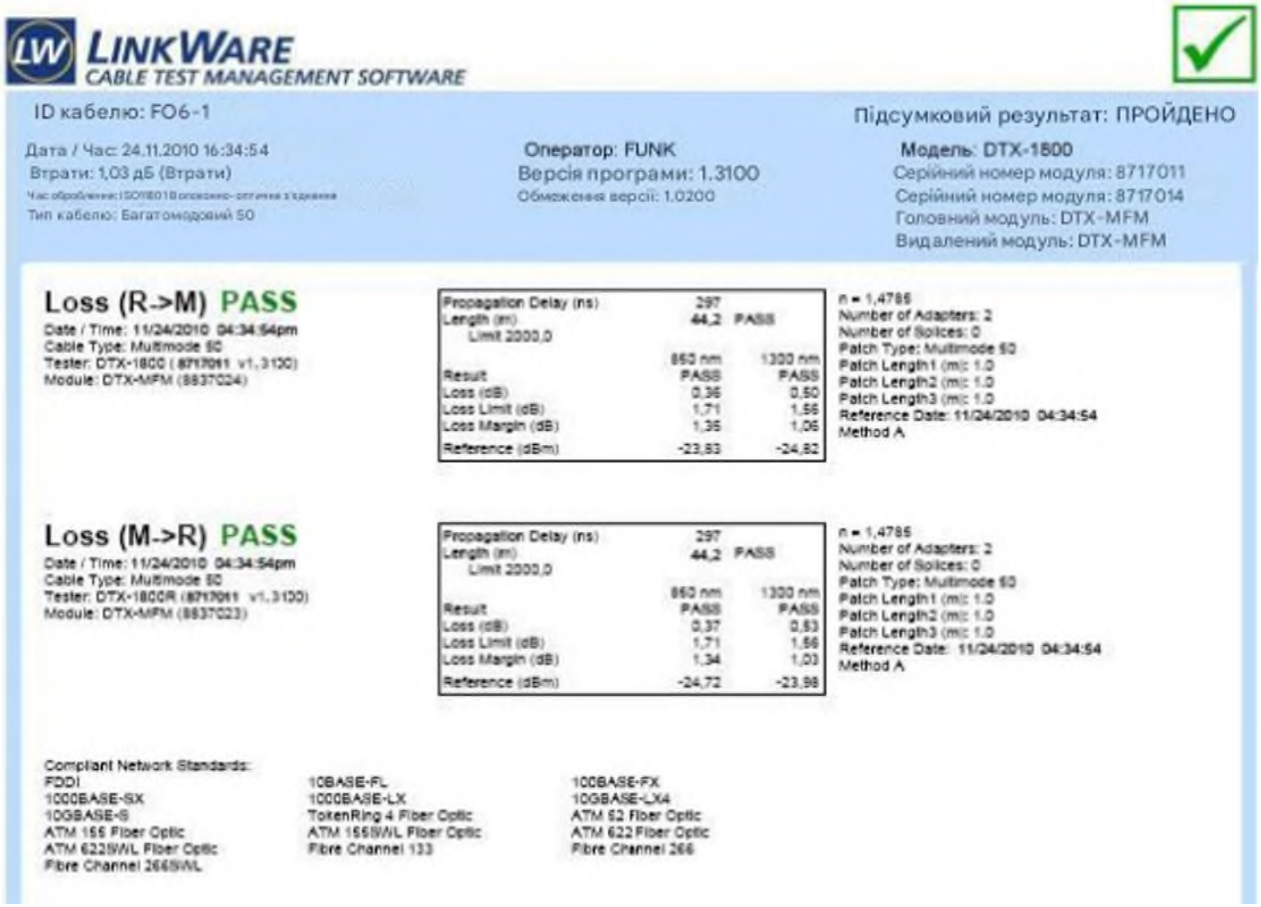


Рис. 4.3 Результат проходження порогового тесту (без вимірювання характеристик)

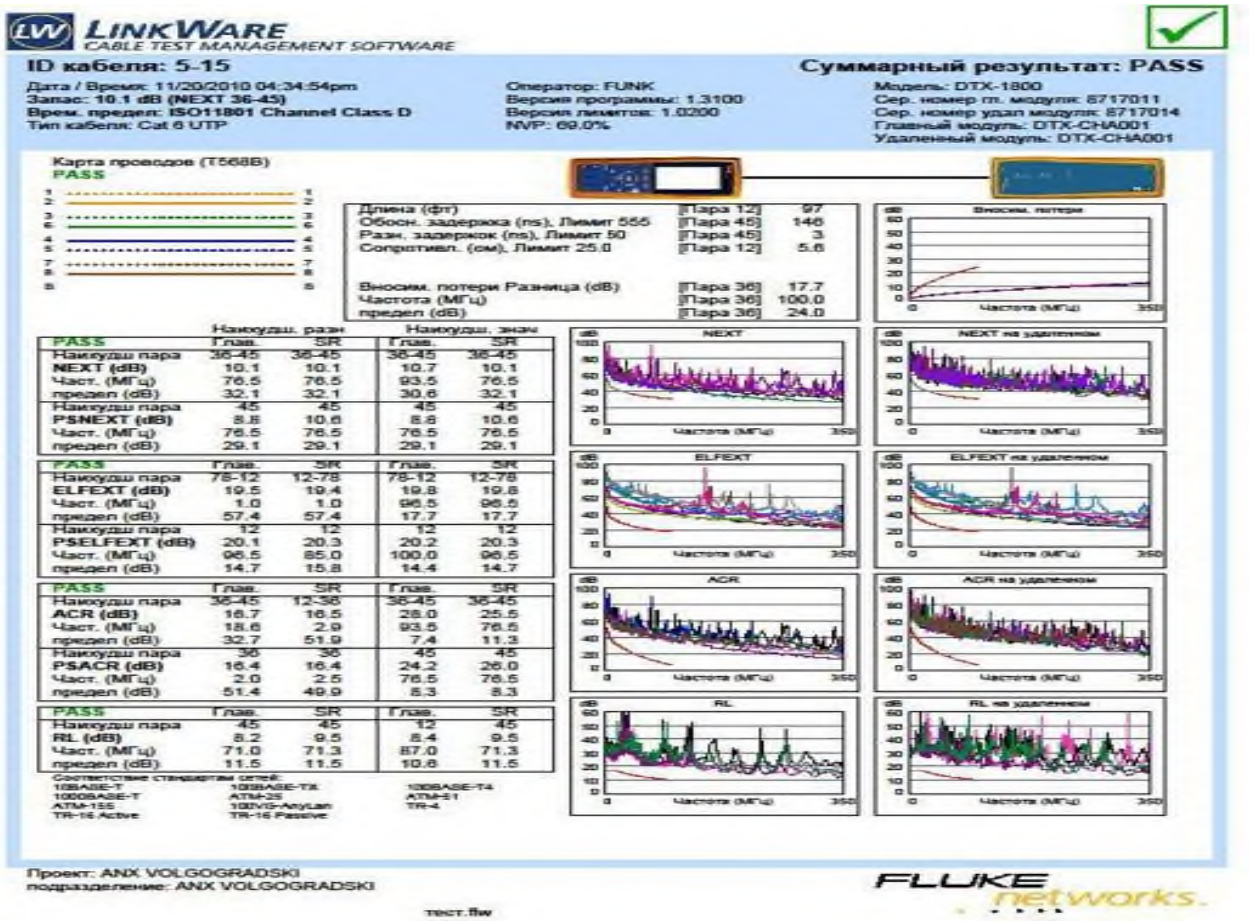


Рис. 4.4 Протокол сертифікаційного тестування волоконно-оптичної лінії на відповідність стандарту ISO/IEC 11801

4.4.1 Оцінка якості структурованої кабельної системи

Якість структурованої кабельної системи (СКС) визначається її відповідністю вимогам міжнародних та національних стандартів, а також її здатністю надійно підтримувати роботу передбачених телекомунікаційних додатків протягом усього терміну експлуатації. Оцінка якості є комплексним процесом, що охоплює декілька аспектів, але ключовим інструментом є стандартизоване тестування.

Критерії якості СКС

Основними критеріями, за якими оцінюється якість СКС, є:

Відповідність стандартам: Змонтована система повинна відповідати вимогам актуальних стандартів (наприклад, ISO/IEC 11801, TIA/EIA-568) щодо структури,

топології, компонентів, параметрів передачі та адміністрування.

Продуктивність: Кабельні лінії та канали повинні демонструвати електромагнітні характеристики (загасання, перехідні завади, втрати на відбиття тощо), що відповідають або перевищують вимоги для заявленої категорії/класу продуктивності (наприклад, Категорія 6 / Клас E) . Це гарантує підтримку відповідних мережевих протоколів та додатків.

Якість монтажу: Відсутність дефектів інсталяції, таких як неправильна схема розключення, пошкодження кабелю, перевищення допустимої довжини розкрутки пар, недотримання радіусів вигину, неякісне термінування.

Надійність: Система повинна забезпечувати стабільну роботу без збоїв протягом тривалого часу. Це досягається використанням якісних компонентів та дотриманням технологій монтажу.

Документація та адміністрування: Наявність повної та точної виконавчої документації, включаючи результати тестування та маркування всіх елементів системи, що є важливим показником якості та необхідною умовою для подальшого адміністрування.

Методи оцінки якості

Основний метод об'єктивної оцінки якості СКС – це інструментальне тестування за допомогою каліброваних кабельних аналізаторів. Процедура тестування та параметри, що вимірюються, детально описані в попередньому підрозділі (4.4 Тестування СКС).

Результати тестування кожної лінії порівнюються з граничними значеннями, визначеними стандартом для відповідної категорії/класу та конфігурації (Постійна лінія або Канал). Позитивний результат ("PASS") для 100% ліній свідчить про високу якість інсталяції та відповідність системи заявленим характеристикам.

Окрім інструментального тестування, оцінка якості може включати:

Візуальний огляд: Перевірка якості монтажу обладнання в шафах/стійках, організації кабельних джгутів, правильності маркування, дотримання радіусів вигину, якості монтажу розеток.

Перевірка виконавчої документації: Аналіз повноти та коректності наданих планів, схем, кабельного журналу та протоколів тестування.

Сертифікація та гарантія

Підтвердженням високої якості СКС є її сертифікація та надання системної гарантії від виробника компонентів або авторизованого інсталятора . Така гарантія зазвичай надається на тривалий термін (15-25 років) і підтверджує, що система відповідає стандартам, здатна підтримувати всі відповідні додатки і буде надійно функціонувати. Обов'язковою умовою для отримання системної гарантії є використання сертифікованих компонентів, виконання монтажу кваліфікованим персоналом та надання повних результатів тестування всіх ліній системи[10].

4.4.2 Засоби тестування СКС

Оцінка якості змонтованої структурованої кабельної системи (СКС) та її відповідності стандартам неможлива без застосування спеціалізованих вимірювальних приладів. Візуального огляду та простої "продзвонки" недостатньо, оскільки багато критичних параметрів, що визначають продуктивність лінії, можуть бути виміряні лише інструментально.

Основним інструментом для сертифікації мідних кабельних ліній є кабельний аналізатор.

Кабельні аналізатори (Мідна СКС)

Кабельні аналізатори – це складні "польові" прилади, призначені для вимірювання всього спектру електромагнітних параметрів мідної лінії (таких як NEXT, PSNEXT, IL, RL, ACR-N, ACR-F та ін.) у всьому діапазоні частот, що вимагається стандартом.

Вимоги до приладів: Для проведення сертифікаційного тестування (тестування на відповідність) прилади повинні відповідати певним рівням точності (Level), що регламентуються стандартами (наприклад, IEC 61935-1). Наприклад, для тестування Класу D (Категорія 5e) потрібен прилад рівня IIE, а для Класу E (Категорія 6) – рівня III.

Калібрування: Через високі вимоги до точності, кабельні аналізатори повинні проходити регулярну щорічну повірку (калібрування) у спеціалізованих лабораторіях.

Функціонал: Сучасні аналізатори автоматично проводять повний набір тестів ("Автотест") для обраної конфігурації (Постійна лінія або Канал) та стандарту, порівнюють результати з граничними значеннями і видають вердикт "Пройшов/Не пройшов" ("PASS/FAIL"). Вони також зберігають детальні результати, включаючи графіки, для звітності.

Приклади: Поширеними на ринку приладами є лінійки Fluke Networks (наприклад, DSX-5000), Ideal Industries (Lantek), Agilent (WireScope).

Засоби тестування (Волоконно-оптична СКС)

Тестування волоконно-оптичних ліній вимагає іншого набору обладнання.

Оптичні тестери: Найчастіше для сертифікації каналу вимірюють загасання (втрати). Для цього використовується комплект з джерела оптичного випромінювання та вимірювача оптичної потужності. Сертифікаційні прилади мають стабільні характеристики джерела світла. Деякі кабельні аналізатори, як-от Fluke DSX-5000QI, можуть комплектуватися спеціальними оптичними насадками (наприклад, CertiFiber Pro) для таких вимірювань.

Оптичні рефлектометри (OTDR): Це більш складні прилади, що використовуються для детальної діагностики лінії. Вони дозволяють не лише виміряти загальну довжину та загасання, але й локалізувати місця обривів, пошкоджень, а також виміряти втрати на окремих зварних з'єднаннях (сплайсах) та конекторах.

Візуальні локатори пошкоджень (VFL - Visual Fault Locator): Прості та недорогі пристрої, що являють собою джерело видимого (зазвичай червоного) світла. Вони дозволяють швидко перевірити цілісність волокна (continuity) на коротких дистанціях та візуально виявити місце обриву або сильного перегину (світло виходитиме назовні).

Використання сучасного, повіреного вимірювального обладнання є критично важливим для об'єктивної оцінки якості монтажу та гарантії того, що побудована СКС відповідатиме всім стандартам.

4.4.3 Параметри, що вимірюються та схеми вимірювання

Схеми вимірювання (Конфігурації тестування)

При тестуванні СКС вимірювання проводяться не для окремих компонентів, а для всієї змонтованої лінії в одній з двох основних конфігурацій, що визначені стандартами. Ці конфігурації визначають, які частини кабельного тракту включаються у вимірювання.

1. Стаціонарна лінія (Permanent Link)

Стаціонарна лінія (СЛ) — це встановлена, незмінна частина кабельної лінії. Вона включає стаціонарний кабель, термінований на комутаційній панелі (або кросблоці) в телекомунікаційній кімнаті (РПП) з одного боку, та на інформаційній розетці (ІР) на робочому місці з іншого боку. Якщо в лінії є точка консолідації (ТК), вона також входить до складу стаціонарної лінії.

Що тестується: Якість монтажу самої інфраструктури (кабель, розетка, патч-панель).

Де використовується: Це основний тест при сертифікації нової інсталяції та прийомі-здачі робіт.

Схеми конфігурацій “Стаціонарна лінія” та “Канал” показано на рис. 4.4.

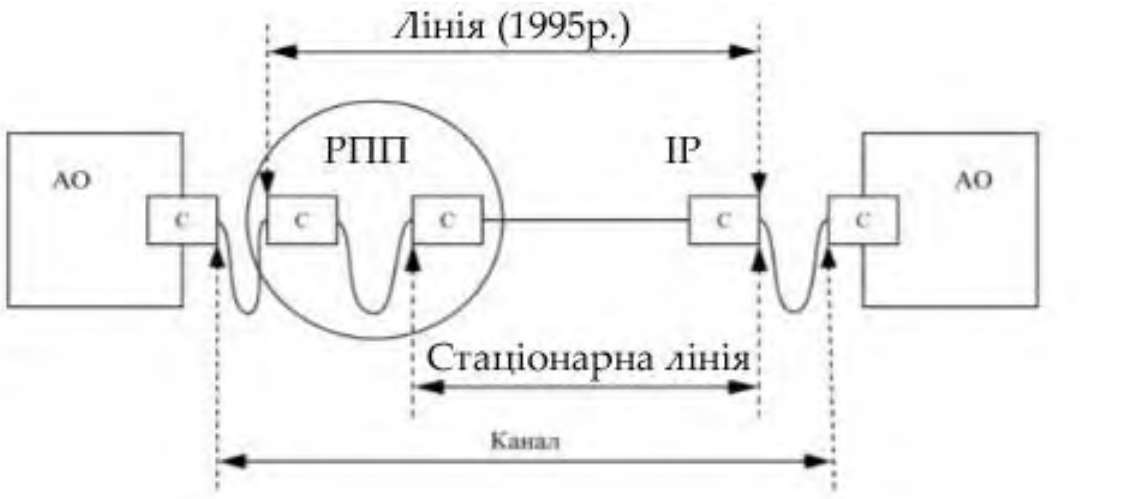


Рис. 4.4 Схеми конфігурацій "Стаціонарна лінія" та "Канал"

2. Канал (Channel)

Канал — це повний тракт передачі сигналу між двома одиницями активного обладнання (наприклад, комутатором та комп'ютером). Він включає в себе стаціонарну лінію, а також усі комутаційні шнури (патч-корди), які використовуються для підключення:

Шнур обладнання (в кросовій, від патч-панелі до комутатора).

Шнур робочого місця (від розетки до комп'ютера).

Що тестується: Загальна продуктивність всього тракту, включаючи шнури.

Де використовується: Для діагностики проблем у вже працюючій мережі або для перевірки відповідності повного тракту вимогам конкретного мережевого додатку.

Сам кабельний аналізатор підключається до спеціальних тестових інтерфейсів (TI), які знаходяться на межах цих конфігурацій, гарантуючи, що вплив власних тестових шнурів приладу не враховується у результатах вимірювання.

Параметри, що вимірюються

Набір параметрів, що вимірюються, відрізняється для мідних та волоконно-оптичних ліній.

Для мідних кабельних ліній

Для підтвердження відповідності категорії (наприклад, 5e, 6) кабельний аналізатор перевіряє цілий набір електромагнітних параметрів у всьому частотному діапазоні цієї категорії. Основні з них:

Схема розключення (Wire Map): Перевіряє правильність під'єднання провідників до контактів на обох кінцях лінії, а також відсутність обривів, коротких замикань, переплутаних пар або жил.

Довжина (Length): Вимірює фізичну довжину кожної пари.

Опір шлейфу (DC Loop Resistance, DCLR): Вимірює сумарний опір двох провідників у парі по постійному струму.

Внесені втрати (Insertion Loss, IL): Показує загасання, тобто зменшення потужності сигналу при його проходженні через кабельну лінію .

Втрати на відбиття (Return Loss, RL): Вимірює потужність сигналу, що відбивається назад до джерела через неузгодженості хвильового опору в лінії.

Перехідне загасання на ближньому кінці (NEXT): Вимірює рівень перешкод (наведень) від однієї пари на іншу на тому ж кінці кабелю, звідки подається сигнал.

Сумарне перехідне загасання на ближньому кінці (PSNEXT): Розрахунковий параметр, що показує сумарний вплив перешкод від усіх інших пар на одну конкретну пару на ближньому кінці [4].

Захищеність на дальньому кінці (ACR-F або ELFEXT): Параметр, що характеризує відношення сигналу до перешкод (перехресних завад) на дальньому кінці лінії.

Сумарна захищеність на дальньому кінці (PS ACR-F або PSELFEXT): Розрахунковий параметр, що показує сумарний вплив перешкод від усіх інших пар на одну пару на дальньому кінці.

Затримка поширення (Propagation Delay, PD): Час, необхідний для проходження сигналу від одного кінця лінії до іншого.

Розбіжність затримки (Delay Skew): Різниця в часі затримки поширення між найшвидшою та найповільнішою парами в кабелі.

Для волоконно-оптичних ліній

Тестування волоконно-оптичних ліній дещо простіше і зазвичай включає такі параметри:

Загасання (Attenuation / Loss): Вимірювання загальних втрат потужності світлового сигналу в лінії. Це ключовий параметр, що показує якість кабелю та з'єднань (конекторів, зварювань).

Довжина (Length): Вимірювання довжини волокна.

Цілісність та Полярність (Continuity / Polarity): Перевірка відсутності обривів та правильності підключення (передавач (Tx) на одному кінці має бути з'єднаний з приймачем (Rx) на іншому).

Зворотні втрати (Return Loss): Вимірювання кількості світла, що відбивається назад до джерела; критично важливо для одномодових систем.

Затримка поширення (Propagation Delay): Час проходження світлового сигналу по лінії.

Після проведення вимірювань кабельний аналізатор автоматично порівнює всі отримані значення з граничними нормами обраного стандарту і видає підсумковий вердикт "Пройшов" (PASS) або "Не пройшов" (FAIL) для кожної лінії.

4.5 Захист інформації офісного інтернет вузла

Захист інформації офісного інтернет-вузла є комплексним завданням, що охоплює програмні, апаратні та організаційні заходи. У контексті нашої дипломної роботи, присвяченої структурованим кабельним системам, ми розглянемо фундаментальний рівень захисту, який забезпечується саме фізичною інфраструктурою (СКС) та її адмініструванням.

Безпека на фізичному рівні (Середовище передачі)

Вибір середовища передачі даних має вирішальне значення для інформаційної безпеки. Сучасні СКС використовують два основних типи кабелів, які мають кардинально різний рівень вбудованого захисту:

1. Волоконно-оптичні кабелі (ВОК): ВОК є найнадійнішим середовищем з точки зору захисту від несанкціонованого доступу. Їхні переваги:

Відсутність випромінювання: Оптоволокно передає світлові імпульси, які не створюють електромагнітного поля. Це унеможливлює дистанційне перехоплення інформації ("прослуховування") без фізичного втручання.

Неможливість непомітного підключення: На відміну від мідного кабелю, до якого можна підключитися інвазивно, але відносно непомітно, будь-яке фізичне втручання у волоконно-оптичну лінію (наприклад, для встановлення відгалужувача) призводить до значного ослаблення сигналу, що легко фіксується мережевим обладнанням.

Стійкість до перешкод: Оптоволокно повністю нечутливе до електромагнітних завад, що виключає як випадкове, так і навмисне спотворення сигналу зовнішніми джерелами.

Через ці властивості, використання ВОК є рекомендованим для всіх критично важливих сегментів мережі, особливо для магістральних каналів та підключення інтернет-вузла.

2. Мідні екрановані кабелі: Хоча мідні кабелі (навіть екрановані S/FTP або F/UTP) принципово поступаються оптоволокну в безпеці (оскільки створюють електромагнітне випромінювання, яке теоретично можна перехопити), використання екранованих рішень підвищує загальний рівень захисту. Стандарти передбачають побудову кабельної проводки для захищених мереж, що часто передбачає використання екранованих компонентів для захисту від зовнішніх наводок та зменшення побічних випромінювань.

Адміністративна безпека (Управління інфраструктурою)

Правильне адміністрування СКС, регламентоване стандартами (наприклад, ISO/IEC 14763-1), є другим стовпом захисту фізичного рівня.

Маркування та Документація: Чітка та актуальна система маркування (меток) та ведення записів (в ідеалі – у програмному комплексі CMS) дозволяє миттєво ідентифікувати кожен порт, кабель та розетку. Будь-яке несанкціоноване підключення до порту, який в базі даних значиться як вільний, стає одразу помітним.

Контроль змін (ІПДУ): Процес внесення змін, переміщень, додавань та видалень (ІПДУ) повинен суворо регламентуватися. Використання "нарядів на виконання робіт" гарантує, що будь-яка комутація на патч-панелях інтернет-вузла виконується лише авторизованим персоналом і негайно документується.

Фізична безпека (Контроль доступу)

Третій ключовий елемент – це фізичне обмеження доступу до комутаційного обладнання інтернет-вузла (маршрутизаторів, комутаторів, патч-панелей).

Це обладнання повинно розміщуватися не на робочому місці, а у спеціалізованих технічних приміщеннях (апаратних або кросових). Доступ до цих приміщень, а також до телекомунікаційних шаф та стійок, де встановлено обладнання, повинен бути суворо обмежений (замки, системи контролю доступу). Це запобігає прямому несанкціонованому підключенню до мережі, оминаючи засоби захисту.

Висновок: Хоча основний захист інтернет-вузла покладається на мережеві екрани (firewalls), VPN та політики безпеки, надійний фундамент цього захисту закладається на рівні СКС: використанням захищеного середовища передачі (оптоволокна), суворим адмініструванням та надійним фізичним контролем доступу до комутаційного обладнання.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконано комплексне дослідження процесів побудови та тестування структурованих кабельних систем (СКС). Підтверджено, що СКС є фундаментальною та капітальною інженерною системою сучасної будівлі, яка забезпечує універсальну, гнучку та довговічну платформу для передачі даних, голосу, мультимедіа та сигналів систем автоматизації.

Мета роботи, що полягала в дослідженні процесів побудови та тестування СКС відповідно до сучасних міжнародних стандартів, була досягнута шляхом вирішення наступних завдань:

Проаналізовано розвиток стандартів СКС. Встановлено, що ключовими нормативними документами, які визначають вимоги до систем, є міжнародний стандарт ISO/IEC 11801 та американський TIA/EIA-568. Вони регламентують всі ключові аспекти: структуру, компоненти, параметри передачі та адміністрування.

Досліджено структуру та топологію СКС. Підтверджено, що стандартизована топологія "ієрархічна зірка" є основою побудови СКС. Детально розглянуто три основні підсистеми (горизонтальна, магістральна будівлі та магістральна території), а також визначено вимоги до технічних приміщень (апаратних та кросових).

Вивчено компонентну базу СКС. Проаналізовано основні типи кабелів, що використовуються: мідні симетричні кабелі (звита пара) Категорій 5e, 6, 7 та волоконно-оптичні кабелі (багатомодові OMx та одномодові OSx). Розглянуто використання стандартних компонентів для мовних та мультимедійних додатків, а також допоміжного обладнання (лотки, шафи, органайзери).

Розглянуто процеси побудови (монтажу) СКС. Досліджено ключові технологічні операції та правила монтажу, включаючи прокладання кабелів з дотриманням радіусів вигину, термінування провідників на IDC-контактах з мінімальною довжиною розкрутки пар та використання спеціалізованого інструменту.

Досліджено методи та засоби тестування СКС. Це ключовий етап для оцінки якості системи. Встановлено, що тестування проводиться за допомогою спеціалізованих кабельних аналізаторів для двох конфігурацій: "Стаціонарна лінія" (Permanent Link) та "Канал" (Channel). Проаналізовано основні параметри, що вимірюються для мідних ліній (IL, NEXT, PSNEXT, RL, ACR-F, ACR-N, Wire Map та ін.) та оптичних ліній (загасання, довжина, полярність).

Визначено принципи адміністрування та захисту. Наголошено на важливості ведення системи адміністрування (маркування, записи) відповідно до стандартів та забезпечення фізичного захисту інформації шляхом контролю доступу до технічних приміщень та використання захищених середовищ передачі (ВОК).

У ході виконання дипломної роботи було доведено, що побудова СКС є комплексним інженерним процесом, що вимагає ретельного проєктування та високої кваліфікації на етапі монтажу. Якісне тестування виступає не просто формальною процедурою, а єдиним об'єктивним інструментом оцінки якості та необхідною умовою для сертифікації системи та надання довгострокової гарантії.

Дотримання всіх розглянутих стандартів та технологій при побудові та тестуванні дозволяє створити надійний, гнучкий та довговічний «інформаційний фундамент» будівлі, здатний підтримувати існуючі та перспективні мережеві додатки, тим самим захищаючи інвестиції замовника в інфраструктуру.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Завистовский А. Корпоративный стандарт построения СКС. Сети и телекоммуникации. — 2012. — №7-8 — С. 36-43. В статье показано, что существуют корпоративные стандарты на СКС, которые никогда не будут освещены в обычных НД.

2. Самарский П.А. С30 Основы структурированных кабельных систем / Самарский П.А. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2005. – 216 + 12 с.: ил.

3. ДСТУ ISO/IEC 11801-1:2018 Информационные технологии. Кабельные системы общего назначения для помещений пользователей. Часть 1. Общие требования (ISO/IEC 11801-1:2017, IDT). https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=80490.

4. Семенов А. Б., Стрижаков С. К., Сунчелей И. Р., Структурированные кабельные системы, 5-е изд., М.: Компания АйТи, «ДМК Пресс», 2004, стр. 640, илл.

5. А. Б. Семенов, Системы интерактивного управления СКС, «Журнал сетевых решений/LAN», 2002, № 2, стр. 65—72.

6. И. Г. Смирнов, Должны ли кабельные системы быть структурированными?, «Вестник связи», 1998, № 12, (http://www.intelbuild.ru/tech/13.htm)

7. Дж. Харкер, П. Бекон, Дж. Снайдер и др., Интеллектуальные здания. Проектирование и эксплуатация информационной инфраструктуры, пер. с англ., Москва, «Сети МП», 1996, стр. 155, илл.

8. А. Б. Семенов, Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов, М., «ДМК Пресс», М., «Компания АйТи», 2003, стр. 416.

9. Д. Дж. Стерлинг, Л. Бакстер, Кабельные системы, 2-е изд., М., «Лори», 2003, стр. 313.

10. Семенов, Андрей Борисович. Администрирование структурированных кабельных систем / А. Б. Семёнов. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 193 с. — Москва :

ДМК Пресс, Компания АйТи, 2023. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

11. Смирнов И. Г. Структурированные кабельные системы — проектирование, монтаж и сертификация. — М.: «Экон-Информ», 2005. — ISBN 5-9506-0144-0.

12. Царьов Р.Ю. Структуровані кабельні системи: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. / Царьов Р.Ю., Нікітюк Л. А., Резніченко П. І. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2013. – 260 с.: іл.

13. Семенов А.Б. Проектування та розрахунок структурованих кабельних систем та їх компонентів. — М.: ДМК Прес, 2010.

14. Одом В. Офіційний посібник із сертифікації CCNA Routing and Switching 200-125. — Cisco Press, 2017.

15. Fluke Networks. Technical Reference Handbook: Cable Testing & Certification. — Everett: Fluke Corporation, 2020.

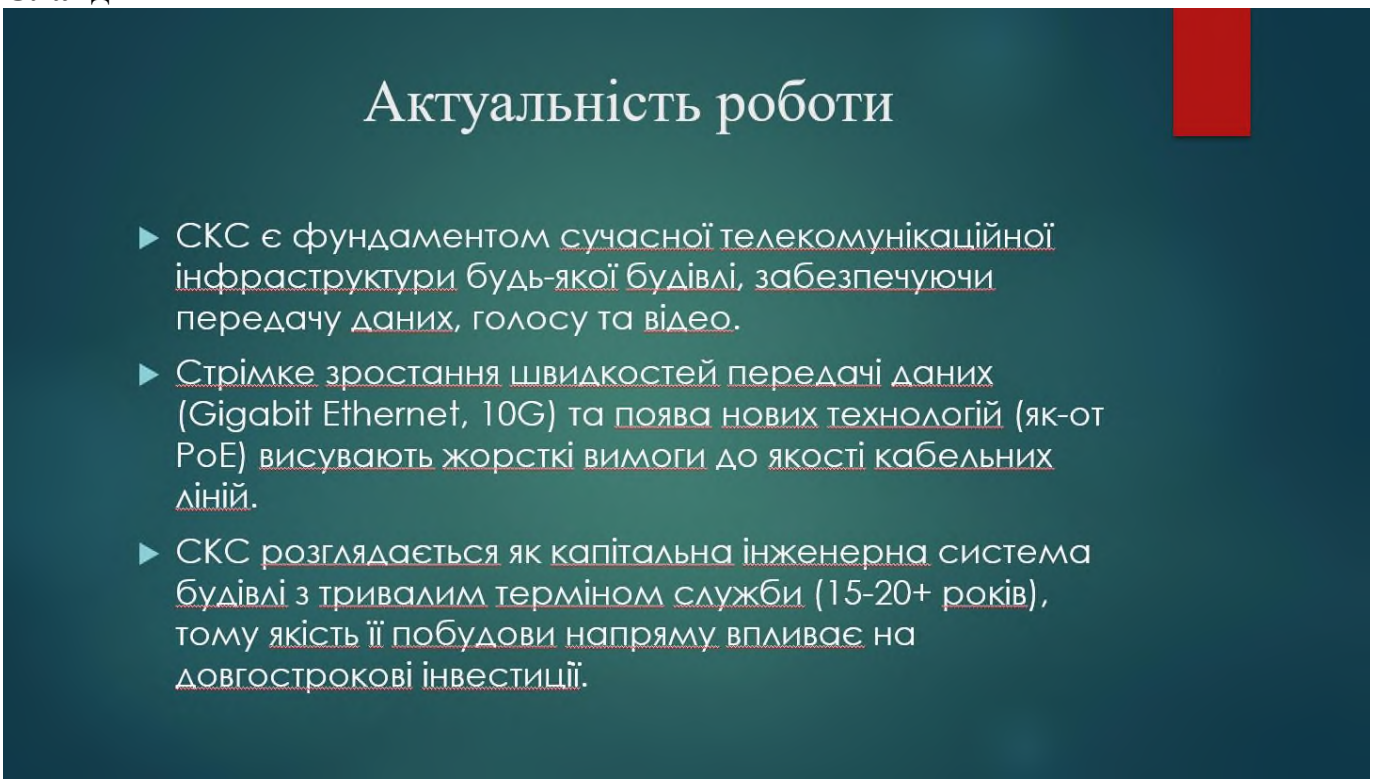
16. Таненбаум Е., Фезер Д. Комп'ютерні мережі. 5-те вид. — СПб.: Пітер, 2012.

ПРЕЗЕНТАЦІЯ

Слайд 1



Слайд 2



Слайд 3

Мета і завдання роботи

Мета роботи – аналіз сучасних технологій побудови СКС, вивчення методів монтажу мідних та волоконно-оптичних компонентів, з'ясування особливостей та методів тестування кабельних ліній, аналіз вимог стандартів (зокрема ISO/IEC 11801) та їх практичне застосування для сертифікації системи.

Об'єкт дослідження – структурована кабельна система (СКС) як універсальна телекомунікаційна інфраструктура будівлі .

Предмет дослідження – процеси побудови та методи тестування (сертифікації) мідних та волоконно-оптичних ліній СКС за допомогою кабельних аналізаторів .

Слайд 4

Структуровані кабельні системи

- СКС (Структурована Кабельна Система) – це універсальна телекомунікаційна інфраструктура будівлі, що замінює собою набір різнорідних, хаотичних кабельних мереж.
- Вона призначена для підтримки широкого спектру додатків:
- Локальні обчислювальні мережі (ЛОМ).
- Телефонія (традиційна та IP).
- Мультимедійні системи (відеоспостереження, ТБ).
- Системи автоматизації та управління будівлею (BAS).
- СКС розглядається як капітальна інженерна система будівлі з терміном служби 15-20+ років.

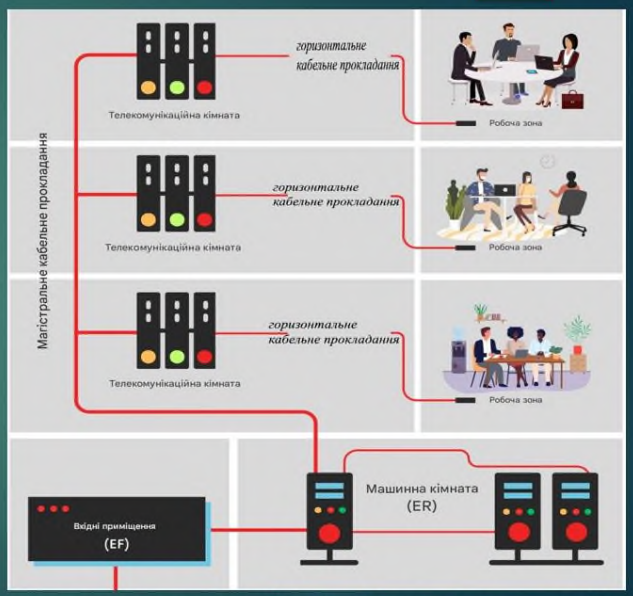


Рис.1. Структурна схема телекомунікаційної кабельної системи будівлі

Слайд 5

Переваги СКС



Рис.2. Топологія комп'ютерної мережі типу «Зірка»

Універсальність: Одне середовище передачі для всіх інформаційних сервісів.

Гнучкість: Дозволяє легко та швидко змінювати конфігурацію робочих місць без необхідності прокладання нових кабелів.

Економічна ефективність: Зниження загальних витрат на володіння та експлуатацію інфраструктури, захист інвестицій.

Надійність: Стандартизовані компоненти та топологія забезпечують гарантовані характеристики каналів зв'язку.

Слайд 6

Стандартизація СКС

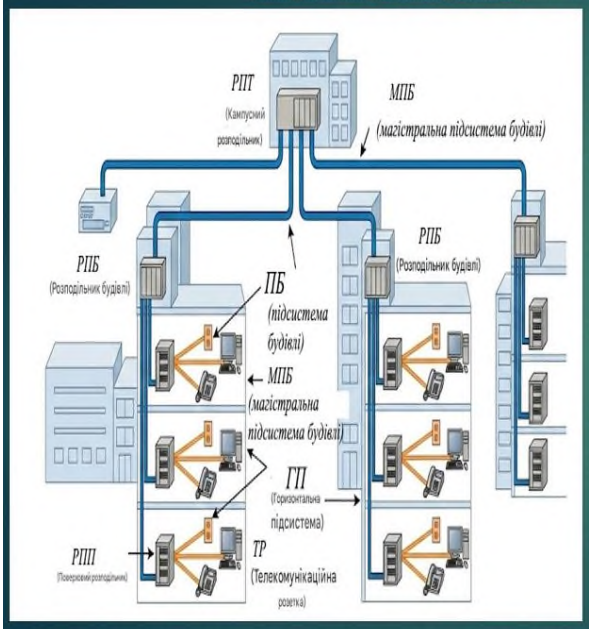
- Мета стандартизації: Забезпечити сумісність обладнання від різних виробників та гарантувати продуктивність системи.
- Ключові стандарти:
- Міжнародний: ISO/IEC 11801 (на який ми спираємось). В Україні прийнятий як ДСТУ ISO/IEC 11801 .
- Американський: TIA/EIA-568 (історично перший, зараз TIA-568-C/D) .
- Європейський: CENELEC EN 50173 .
- Супутні стандарти:
- ISO/IEC 14763 / TIA-606: Адміністрування та маркування.
- TIA-569: Кабельні траси та приміщення.
- TIA-607: Заземлення.

Клас каналу (ISO 11801)	Смуга частот	Категорія кабелю	Підтримувані додатки (приклади)
Клас D	до 100 МГц	Категорія 5e	1 Гбіт/с Ethernet (1000BASE-T)
Клас E	до 250 МГц	Категорія 6	1 Гбіт/с, частково 10 Гбіт/с
Клас E_A	до 500 МГц	Категорія 6A	10 Гбіт/с Ethernet (10GBASE-T)
Клас F	до 600 МГц	Категорія 7	Мультимедіа, 10 Гбіт/с

Рис.3. Характеристики класів каналів та категорій компонентів СКС

Слайд 7

Топологія та Підсистеми СКС



- Основна топологія: Ієрархічна зірка .
- 3 Підсистеми СКС :
- Магістральна підсистема території (МПТ): З'єднує будівлі (РПТ -> РПБ).
- Магістральна підсистема будівлі (МПБ): З'єднує поверхи (РПБ -> РПП).
- Горизонтальна підсистема (ГП): З'єднує поверховий вузол з робочими місцями (РПП -> РМ).
- Технічні приміщення:
- Апаратна (ER): Розміщення РПБ/РПТ та активного обладнання .
- Кросова (TR): Розміщення РПП.

Рис.4. Структурна схема та основні підсистеми СКС

Слайд 8

Кабелі СКС: Мідна Звита Пара

- Основний тип кабелю для горизонтальної підсистеми.
- **Категорії (визначають смугу частот):**
- Кат. 5e (Клас D): 100 МГц (підтримка 1 Gbit/s).
- Кат. 6 (Клас E): 250 МГц (надійна підтримка 1 Gbit/s).
- Кат. 6A (Клас EA): 500 МГц (підтримка 10 Gbit/s.
- **Конструкції (Екранування):**
- U/UTP (Неекранована).
- F/UTP (Загальний екран-фольга).
- S/FTP (Індивідуальний екран пари + загальне обплетення).

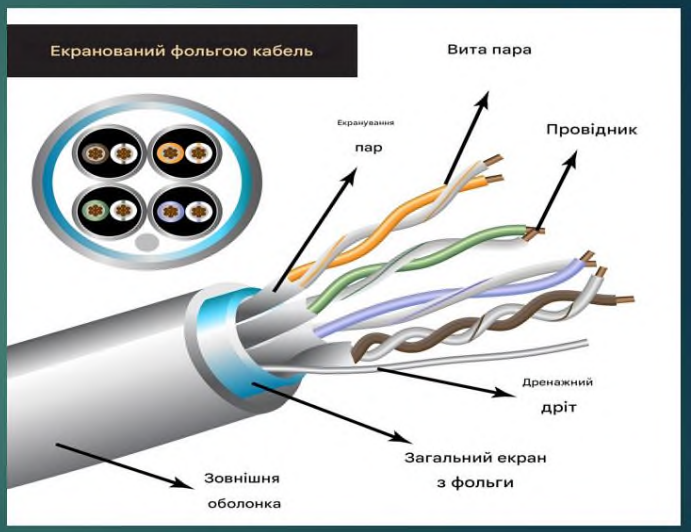


Рис.5. Конструкція екранованого кабелю типу F/UTP

Слайд 9

Кабелі СКС: Оптоволокно

- Основне застосування: Магістральні підсистеми (МПТ, МПЗ) та високошвидкісні горизонтальні лінії.
- Переваги: Величезна смуга пропускання, великі відстані, повна стійкість до електромагнітних завад.
- Типи волокна:
- Багатомодове (MMF / OMx): Для відстаней до 2 км (OM1, OM2, OM3, OM4).
- Одномодове (SMF / OSx): Для магістралей великої протяжності (десятки км).

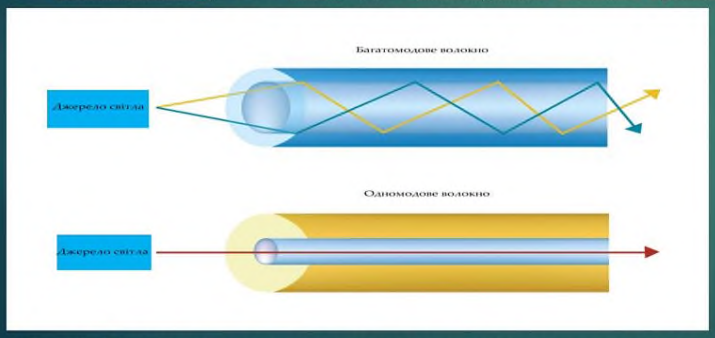


Рис.6. Принцип поширення світла в багатомодовому та одномодовому оптичному волокні

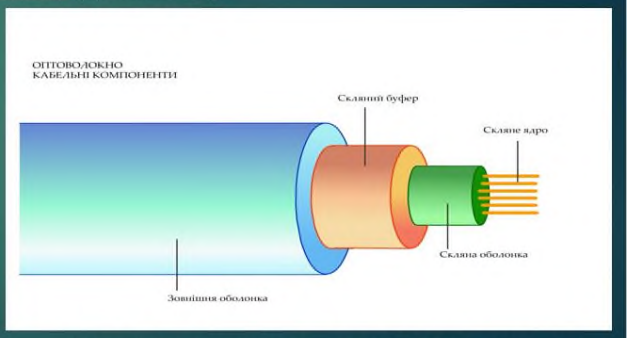


Рис.7. Базова структура та компоненти волоконно-оптичного кабелю

Слайд 10

Проектування поверху офісної будівлі

Об'єктом проектування є поверх офісної будівлі. Для розрахунку приймаємо наступні вихідні параметри:
Загальна площа поверху: Stotal=300 м².
Кількість робочих місць (PM): 30.
Комплектація робочого місця: Кожне PM обладнується 2 портами RJ-45 (один для підключення ПК, другий – для IP-телефону або принтера).
Тип кабелю: U/UTP (неекранована звита пара) категорії 5e, 4 пари.
Розміщення розподільного пункту поверху (РПП): Окрема серверна кімната.

Зона	Кількість ліній (кабелів)	Середня довжина траси ($L_{сер}$), м	Розрахункова довжина з запасом (L_{calc}), м	Загальна довжина, м
Ближня зона	20	15	(15×1.1) + 1.8 = 18.3	366
Середня зона	24	30	(30×1.1) + 1.8 = 34.8	820.8
Дальня зона	16	45	(45×1.1) + 1.8 = 51.3	820.8
ВСЬОГО:	60			2022

Таблиця 1. Розрахунок довжини горизонтального кабелю

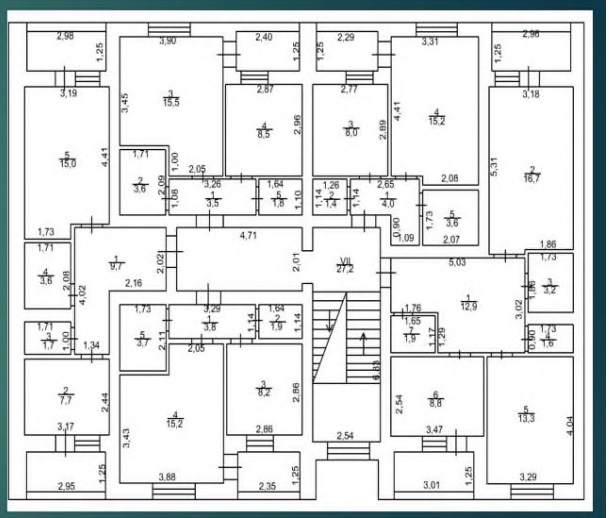


Рис.8. План розміщення робочих місць та кабельних трас на поверсі

Слайд 11

Тестування СКС: Призначення, Схеми та Параметри

- 1. Мета тестування:
- Сертифікація: Підтвердження відповідності Класу/Категорії.
- Діагностика: Виявлення прихованих дефектів монтажу .
- Гарантія: Обов'язкова умова для отримання системної гарантії .
- 2. Схеми тестування (Мідь):
- Стаціонарна лінія (Permanent Link): "Капітальна" частина (без патч-кордів).
- Канал (Channel): Повний тракт (з патч-кордами).
- 3. Ключові параметри (Мідь):
- Wire Map (Карта з'єднань)
- Insertion Loss (Внесені втрати)
- Return Loss (Втрати на відбиття)
- NEXT / PSNEXT (Перехідні завади)
- ACR / ELFEXT (Захищеність)
- Delay / Skew (Затримка).
- 4. Ключові параметри (Оптика):
- Загасання (Loss)
- Довжина та Полярність



Рис.9. Прилад для тестування волоконно-оптичних ліній



Рис.10. Кабельний аналізатор для сертифікації мідних ліній

Слайд 12

Висновок

•**СКС** – це стандартизована (ISO/IEC 11801), універсальна інженерна система, що є основою IT-інфраструктури будівлі.

•Якість СКС залежить від трьох складових: **проектування**, **якості компонентів** та **якості монтажу**.

•Дотримання технологій монтажу (мінімальна розкрутка пар, радіуси вигину) є **критично важливим** для відповідності системи високошвидкісним категоріям (Кат. 6/6A).

•**Тестування** кабельним аналізатором є **обов'язковим** та єдиним об'єктивним методом **сертифікації** лінії, що підтверджує її відповідність Класу/Категорії.
•Належне **адміністрування** (маркування, документація) та фізичний захист забезпечують надійність та безпеку системи протягом всього терміну експлуатації.

Слайд 13

